PEQUEÑO APORTE PARA EL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES AEROLOGICAS EN EL SUR DE LA PATAGONIA

POR EL DOCTOR

WERNER SCHWERDTFEGER

Del Servicio Meteorológico Nacional

I. COMPARACION DE LOS VIENTOS DE ALTURA SOBRE RIO GALLEGOS Y LAS ISLAS MALVINAS

La circulación general de la atmósfera del hemisferio Sur representa un tema que ha adquirido más y más importancia durante los últimos años. El campo del viento y la presión, la situación de los continentes, especialmente del antártico, y por último la influencia de la radiación solar, en este hemisferio más fuerte en verano y más débil en invierno, hacen comprender que existen diferencias considerables con las condiciones del hemisferio Norte. H. Flohn, en un trabajo recientemente aparecido, proporciona un resumen y estimación crítica excelentes del material disponible, el cual contiene también muchas notas bibliográficas ([1]).

Empero, esa sinopsis demuestra, a la vez, los grandes vacíos que aun hay que llenar para que resulte un conjunto claro y sin contradicciones. Así las cosas, cada contribución a este problema, aunque pequeña, debería merecer especial interés, tanto más cuanto que dos publicaciones más recientes, que se refieren a las corrientes del viento sobre la República Argentina ([2,3]), sugieren la necesidad de una revisión.

Igualmente es de notar que por primera vez se pueden establecer comparaciones entre la estación muy importantes, Río Gallegos (abreviado R. G.), la más meridional de las estaciones (situada a 51°40′S, 69°16′W), que dispone de una serie respetable de sondeos del viento, con la estación de las islas Malvinas, situada exacta-

mente a igual latitud, pero a unos 800 kms más al Este. Esta comparación resulta especialmente valiosa, ya que los datos de esta última estación han sido obtenidos por los métodos modernos del Radar. Con todo, aunque el número de sondeos no pueda competir con el material de la estación Río Gallegos, la gran independencia de la así llamada selección por buen tiempo y la gran altura alcanzada generalmente por los sondeos del método Radar, ofrecen un valor equivalente muy apreciable.

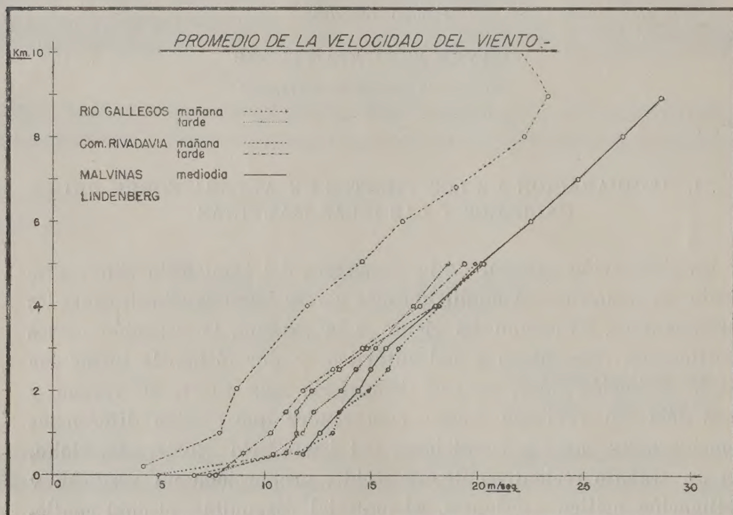


Fig. 1.

Los datos de Río Gallegos abarcan los 11 años de 1937 a 1947 y se componen de 6300 sondeos del viento en altura, distribuídos casi con uniformidad en todos los meses del año y también por la mañana y la tarde de cada día (12 a 18 hs TMG). El material de las Malvinas abarca sólo 120 sondeos correspondientes al período de Abril 1948 a Julio 1950, 30 de primavera, 15 de verano, 45 de otoño y 30 de invierno, todas a las 14 hs TMG.

Conforme a los partes radiotelegráficos codificados se han formado los respectivos promedios para cada uno de los niveles báricos fundamentales (900, 800, ... 300 mb). Para la Figura 1 y las tablas se han calculado luego las curvas de presión y altura median-

te los sondeos simultáneos de temperatura y efectuado la interpolación necesaria, a los efectos de la comparación. Los datos que se consignan ofrecen una primera impresión sobre el número de mediciones y la velocidad del viento en las distintas alturas hasta los 5 km, en el promedio anual, expresados en metros por segundo:

Río Gallegos			Malvinas	
Nivel NN	*vm*	Número	*vm*	Número
5000 m	19,3 m/seg	374	20,2 m/seg	110
4000 »	17,6 »	851	18,0 »	115
3000 »	15,7 »	2087	15,7 »	120
2500 »	15,1 »	2549	15,0 »	120
2000 »	14,3 »	3578	14,7 »	120
1500 »	12,9 »	4925	13,5 »	120
1000 » (12) ...	13,2 »	2952	12,6 »	120
1000 » (18) ...	11,8 »	2884		
500 » (12) ...	11,5 »	3167		
500 » (18) ...	10,4 »	1313	11,7 »	120
Suelo (12)	5,0 »	4017	—	—
» (18)	7,4 »	4017		

Dada la gran disminución del número de mediciones de R. G. con la altura, es claro que el cálculo de los valores promedios debe efectuarse por el «método de las diferencias», es decir, mediante un cómputo que determine el viento medio de un nivel superior, como suma del valor medio correspondiente al nivel inmediato inferior y el aumento medio del viento entre los dos. Comparado con el promedio simple de cada nivel resultan diferencias considerables, lo que tiene importancia fundamental puesto que las demostraciones existentes hasta la fecha ([2,3]) consideran muy poco aumento del viento con la altura y aún una disminución de la velocidad entre 3, 4 y hasta 5 Kms en ciertas estaciones del año. Pero, con cada suposición plausible respecto a las condiciones térmicas de las masas de aire participantes y con una validez aproximativa de la ley del viento geostrófico, esto debe aparecer como imposible. En cambio, la cuestión del método de cálculo no tiene importancia alguna para los datos de las Malvinas, al menos hasta los 5 Kms de altura, no resultando diferencias con ninguno de los dos métodos, como lo hace comprender así la última columna de la tabla anterior.

En total, esta tabla demuestra una gran coincidencia entre ambas estaciones, más de lo esperado en consideración a los pocos datos de las Malvinas. Así, pues, los promedios de la velocidad del viento sobre R. G. pueden aceptarse como representativos para la atmósfera libre en el Sur de la Patagonia. Para justificar la objeción mencionada a los datos publicados hasta la fecha, se han compuesto en la tabla siguiente los valores promedios simples para los 11 años aquí considerados y los de la publicación norteamericana ([3]), en los tres niveles antes mencionados:

Nivel	3000 m	4000 m	5000 m
Valor nuevo	15,7	17,6	19,3 m/seg
Promedio simple	13,9	14,0	14,2 »
Publ. (3)	14,6	15,2	— »

Los sondeos RADAR de las Malvinas permiten ahora una nueva manifestación con referencia a la selección de días con buen tiempo para los sondeos con globos pilotos en la Patagonia del Sur. Con tal fin comparamos *la dirección y el valor absoluto del vector resultante del viento* además de su *persistencia* en el promedio anual de las tres estaciones, Malvinas, Río Gallegos y Comodoro Rivadavia (45°47′S, 67°30′W). En este caso los niveles sobre las Malvinas, por ser más sencillo, son 900, 700 y 500 mb correspondiendo a 870, 2950 y 5400 m respectivamente, mientras que para las dos estaciones restantes son 1000, 3000 y 5000 m. Resultan los valores siguientes:

Nivel	Malvinas 14 hs.	Río Gallegos (12-18)/2	Com. Rivadavia (12-18)/2
900 mb. resp.	267°	262°	253°
1000 m	7,9	9,0	7,9 m/seg
	0,63	0,72	0,72
700 mb. resp.	265	261	254
3000 m	11,4	12,3	11,3 m/seg
	0,75	0,78	0,77
500 mb. resp.	264	251	246
5000 m	17,1	14,7	14,6 m/seg
	0,81	0,76	0,73

A pesar del número muy inferior de observaciones los datos de las Malvinas se muestran menos afectados por la selección de buen tiempo. En el promedio anual, un considerable rotar del viento hacia la izquierda, así como una disminución de la persistencia del mismo con la altura (lo que indican los globos pilotos), parece muy poco probable. Evidentemente, aquí se manifiesta el hecho que en la Patagonia los vientos del sector Norte más arriba de los 3000 m vienen con frecuencia acompañados por nubosidad del tipo Altostratus o Altocúmulus, mientras que tales nubes se presentan sólo raras veces con vientos del SW. Para los sondeos por medio de globos pilotos, esto no significa más que una preferencia unilateral que aumenta con la altura en los vientos con componente del Sur. Así, pues, constatamos que no debe tomarse como real el rotar del viento resultante con la altura más arriba de los 3000 m, al menos no con un valor de 10° a razón de 2000 m de distancia vertical, como se podría deducir de la tabla III o de publicaciones antes citadas. Esta advertencia era necesaria antes de entrar a contemplar con más detalle el voluminoso y muy buen material aerológico de las estaciones patagónicas.

II. EL AUMENTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO CON LA ALTURA

Con respecto al promedio anual, la Figura 1 nos muestra todo lo esencial. Mas, por motivos de curiosidad, se han añadido los datos de una estación del hemisferio Norte con casi igual latitud (Lindenberg cerca de Berlín, 52°N, 14°E) [4]; el fenómeno bien conocido de la circulación mucho más fuerte en nuestro hemisferio, se hace muy evidente .

Prescindiendo de esto, llama la atención la extraordinaria coincidencia entre los valores de las Malvinas y los de la mañana de Río Gallegos. Por consiguiente debe ocuparnos en especial la cuestión de si debe aceptarse como real la notable diferencia entre los promedios de la mañana y los de la tarde de R. G. y C. R., por supuesto más arriba de los 1000 m de altura. Esta diferencia, promediadas las capas de 1 a 5 Kms, se eleva a 1.2 m/seg en R. G. y 0.7 m/seg en C. R.

Dos circunstancias pueden influir en el fenómeno; una de carácter meteorológico y la otra, técnica, de medición:

a) Vientos muy fuertes al nivel de la estación que hacen imposible efectuar un sondeo aun para el personal muy aclimatado a los

temporales patagónicos, tienen lugar con mucha mayor frecuencia por la tarde. En cambio las situaciones anticiclónicas con muy poco viento van acompañadas de visibilidad insuficiente para un sondeo, preferentemente por la mañana. Ambos casos influyen en los promedios de la velocidad del viento en el mismo sentido.

b) Los sondeos de la tarde, se efectúan con gran altura solar (más o menos una hora, después de alcanzar su culminación), es decir, con una mayor insolación del globo piloto e igualmente con una mayor turbulencia en las capas bajas. Ambos casos tienen por consecuencia una mayor velocidad ascensional que la que se supone en la valuación de un sondeo en base a un solo teodolito. Por consiguiente, por la tarde, la velocidad verdadera del viento ha de ser mayor que la avaluada, en la misma relación en que se hallan la verdadera y la velocidad ascensional supuesta del globo piloto.

Contrario a este efecto actúa el hecho de que un globo que sube con mayor rapidez alcanza más pronto los niveles en los cuales reina una velocidad real del viento mayor que más abajo. Así, pues, ele-

PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO M/SEG EN RÍO GALLEGOS (1937-47)

GMT		XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Año	
12 hs.	Sup. ..	5,6	4,3	4,4	5,5	5,0 m/seg	
	525 m	11,3	11,5	11,2	11,7	11,5 »	
	1000 »	13,2	12,7	12,5	13,3	13,2 »	
18 »	Sup. ..	8,6	6,8	5,7	8,6	7,4 »	
	525 m	10,1	10,3	11,3	10,5	10,4 »	
	1000 »	11,5	12,1	12,4	11,7	11,8 »	
$\frac{12 + 18 \text{ hs}}{2}$	1500 »	12,9	12,8	12,6	12,9	12,9 »	
	2000 »	14,4	14,2	13,9	14,2	14,3 »	
	2500 »	15,3	14,8	14,5	14,7	15,1 »	
	3000 »	16,1	15,6	15,1	15,5	15,7 »	
	4000 »	17,7	17,0	16,9	17,5	17,6 »	
	5000 »	19,5	19,0	18,6	18,5	19,3 »	
12 hs.	1000 »	73	74	74	72	73 %	Frecuencia relativa con la cual se alcanzó esta altura (todos los días del año = 100 %)
18 »	1000 »	69	69	79	71	72 »	
$\frac{12 + 18 \text{ hs}}{2}$	3000 »	22	26	31	24	26 »	
	5000 »	3	5	6	4	5 »	

vándose el aumento de velocidad del viento con la altura a unos 2 m/seg por cada 1000 m, con una velocidad media del viento de 15 m/seg, la verdadera velocidad ascensional de los globos, por la tarde, debería ser $^{1}/_{5}$ mayor que la supuesta, para poder explicar de esta manera la diferencia entre los datos de la mañana y de la tarde, en Río Gallegos.

Promedio de la velocidad del viento (m/seg) en Com. Rivadavia (1937-47)

		XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Año	
12 hs.	Sup. ...	7,2	6,2	6,1	7,7	6,7 m/seg	
	525 m	10,3	10,7	11,5	11,0	11,0 »	
	1000 »	11,0	11,1	11,9	11,4	11,5 »	
12 »	Sup. ..	8,2	7,2	7,2	7,8	7,7 »	
	525 m	8,6	9,0	9,5	8,7	9,1 »	
	1000 »	9,8	10,2	11,0	9,8	10,4 »	
(12 + 18 hs)/2	1500 »	11,1	11,1	11,6	10,9	11,3 »	
	2000 »	12,4	11,7	12,2	11,5	12,1 »	
	2500 »	13,9	13,0	13,4	12,7	13,4 »	
	3000 »	15,2	14,4	14,8	14,1	14,8 »	
	4000 »	18,8	16,9	17,7	17,3	17,8 »	
	5000 »	20,2	19,3	20,4	19,2	20,0 »	
12 hs.	1000 »	70	75	81	75	76 %	Frecuencia con
18 »	1000 »	63	69	78	69	70 »	la cual se al-
(12 + 18 hs)/2	3000 »	34	45	44	37	40 »	canzó esta al-
	5000 »	12	20	16	13	15 »	tura

Considerando ambos argumentos, parece probable que la diferencia entre los promedios de la mañana y de la tarde —excepción hecha de los 1000 ó 1500 m inferiores— no sea efectiva y hasta posible que los datos matutinos correspondan mejor a las mediciones reales. Pero esto se menciona sólo como explicación hipotética. En los promedios de las tablas siguientes los datos de las capas medias, a partir de los 1500 m de la mañana y tarde, se han mantenido en conjunto con el fin de proporcionar el mayor número de observaciones posibles.

Las dos tablas que siguen, contienen los *promedios de la velocidad del viento*, separados para las cuatro estaciones del año, para R. G.

y C. R., hasta la altura de 5 Km. Dos resultados merecen especial atención:

1) Una *variación anual no existe*, prácticamente, en altura superiones a 1 Km; las desviaciones del promedio anual se encuentran por debajo de 1 m/seg, y

2) Las diferencias entre R. G. y C.R., a una distancia meridional de casi 700 Km, son muy pequeñas y a partir de los 3 Km sin duda no pasan los límites del error probable. El valor de la velocidad de casi 20 m/seg a 5 Km de altura, puede aceptarse como fidedigno para el Sur de la Patagonia, en base a la coincidencia de las tres estaciones consideradas, así como el promedio del aumento de la velocidad con la altura de unos 2 m/seg a razón de 1000 m, entre los 2 y 5 Km y probablemente también hasta los 8 Km de altura.

III. EL VECTOR RESULTANTE

La característica principal de las latitudes medias del hemisferio Sur es la conocida gran persistencia de los vientos del W, y esta circunstancia presta más importancia que en otras regiones climáticas, a los valores de la dirección y fuerza del vector resultante del viento, en distintos niveles.

La tabla siguiente contiene los datos correspondientes de R. G. y C. R. calculados nuevamente par cada estación del año.

Se presentan varios rasgos típicos:

1) El notable rotar del vector hacia la derecha a 1000 m de altura, en el período que va de la mañana a la tarde, puede tomarse como consecuencia de la variación diaria de la presión, mayor sobre tierra y menor sobre el mar. Esta diferencia causa un ascenso relativo de la presión sobre el mar situado al E, manteniéndose menos modificado el gradiente bárico general hacia el S. Por consiguiente, la componente zonal del gradiente bárico (hacia el E), bien acentuada por la mañana, va disminuyendo por la tarde: con esto, el rotar del vector resultante hacia la derecha durante las horas de mayor calentamiento del suelo corresponde a la ley bárica del viento.

2) Mientras el promedio escalar de la velocidad del viento a 3 Km de altura no demuestra ninguna variación anual, el valor del vector resultante es considerablemente mayor en verano que en invierno, conforme a la mayor persistencia de los vientos del W durante la estación cálida. Esto no dice más que lo siguiente: que

las superficies isobáricas, por ejemplo de 700 mb, están más inclinadas en el verano que en invierno, un contraste muy notable con las condiciones de latitudes iguales en el hemisferio N (5).

DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VECTOR RESULTANTE DEL VIENTO, Y PERSISTENCIA DEL MISMO, RÍO GALLEGOS (1937-47) Y COMODORO RIVADAVIA (1937-47)

			XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Año
Río Gallegos	1000 m 12 hs.	D	254	258	249	261	258°
		V	10,0	9,2	8,4	9,7	9,4 m/seg
		P	0,76	0,72	0,67	0,72	0,71
	1000 m 18 hs.	D	262	265	260	263	265°
		V	8,7	8,8	8,2	8,8	8,5 m/seg
		P	0,76	0,73	0,66	0,75	0,72
	3000 m $\frac{12+18}{2}$	D	259	262	257	269	261°
		V	13,4	12,1	11,3	12,1	12,3 m/seg
		P	0,83	0,78	0,74	0,78	0,78
Comodoro Rivadavia	1000 m 12 hs	D	241	250	250	246	246°
		V	8.4	7.6	8.1	8.1	8.2 m/seg.
		P	0,76	0,68	0,68	0,71	0,71
	1000 m 18 hs.	D	259	259	257	262	260°
		V	7,3	7,6	7,7	7,2	7,6 m/seg
		P	0,74	0,74	0,70	0,74	0,73
	3000 m $\frac{12+18}{2}$	D	250	254	256	256	254°
		V	12,6	10,9	10,7	11,1	11,4 m/seg
		P	0,83	0,75	0,72	0,79	0,77

3) El valor muy grande de la persistencia P en el verano, en ambas estaciones, a 1000 y 3000 m, está seguramente vinculado al desplazamiento hacia el Sur de la zona subpolar de baja presión. La frecuencia de las depresiones individuales al Norte de los 50°S, y de los anticiclones que alcanzan mayores alturas al Sur de esa latitud, o mejor dicho, la frecuencia de la inversión del gradiente bárico meridional en la troposfera media dirigido por lo común hacia el polo, la encontramos mayormente en la estación fría. La probabilidad netamente estadística de vientos del W, en alturas superiores a los 2000 m, en el verano, es grandísima, como se lo comprueba también por la pequeña tabla que sigue:

Nº de sondeos				Frec. de vientos desde el sec. W	
Nivel		XII-II	VI-VIII	XII-II	VI-VIII (180-360°)
R. G.	3000 m	446	622	443 = 99,3 %	593 = 95,3 %
	4000 »	162	249	162 = 100 »	231 = 93,0 »
	5000 »	65	115	65 = 100 »	107 = 93,1 »
C. R.	300 m	667	896	658 = 98,6 »	847 = 94,7 »
	4000 »	386	521	380 = 98,5 »	469 = 90,0 »
	5000 »	248	324	246 = 99,1 »	279 = 86,2 »

Si consideramos como vientos del E todos los vientos del sector 50° a 130°, la distribución de la frecuencia de los mismos a 3 Km de altura sobre R. G., se muestra para las diferentes estaciones del año de la manera siguiente:

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Nº total de sondeos	446	536	622	481
» de observaciones de viento E. ...	2	6	9	4
% » » » » » ...	0,5	1,1	1,5	0,8

4) Con cierta tolerancia, los valores del vector resultante pueden tomarse como criterio del rumbo y la distancia promedios de las isobaras al nivel del mar.

Resulta de aquí que el curso que siguen las isobaras promedias que figuran en la publicación de Knoche ([2]), antes mencionada, tienen seguramente necesidad de ser corregidas. Aun cuando no corresponda estimar en mucho la exactitud de los valores calculados en el presente trabajo, con todo no se puede justificar un sentido de las isobaras directamente de SW a NE (225°) en C. R. en Enero y Julio, y en R. G. en Enero, como promedio de su curso.

IV. TEMPERATURAS A DISTINTAS ALTURAS

Podemos aprovechar los partes radiotelegráficos de los radiosondeos de Malvinas para conseguir una primera orientación con respecto a las condiciones térmicas en la altura, a los 52°S, aproxima-

damente. En consideración a la gran regularidad de los vientos fuertes del W (con una débil componente del S), los valores tienen carácter representativo no sólo para las Malvinas, sino también para el extremo Sur de la Patagonia, al menos para alturas superiores a los 2000 m.

Para el período de Abril 1948 a Julio 1950 hay disponibles 228 sondeos de temperatura, distribuídos en las estaciones del año de la manera siguiente:

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Número	55	29	67	77
Hasta la estratosfera	49	20	64	63

Así pues, la cantidad de mediciones es todavía muy escasa, pero considerando las fluctuaciones actuales relativamente pequeñas, y careciendo de material más voluminoso de cualquier lugar en el Sur de este continente, parece justificado el resumen siguiente:

Nivel	Temperaturas			
	IX-XI	XII-II	III-V	VI-VIII
Sup. (50)	6	10	6	3
1000 m	0	3	0	— 2
2000 »	— 2	— 2	— 5	— 8
3000 »	— 12	— 8	— 10	— 14
4000 »	— 17	— 13	— 16	— 21
5000 »	— 24	— 19	— 22	— 28
6000 »	— 31	— 26	— 29	— 35
6000 »	— 38	— 33	— 36	— 42
8000 »	— 45	— 40	— 43	— 49
9000 »	— 51	— 47	— 50	— 55
10000 »	— 58	— 52	— 55	— 58
11000 »	— 57	— 50	— 53	— 57
RT 700/1000 mb	283	287	284	281 dgpm
» 500/1000 »	534	542	537	529 »
» 300/1000 »	884	899	890	875 »

En éste, como unidad de altura se ha empleado, respectivamente, el metro y decámetro *geopotencial*, según el convenio internacional. No se sabe si los valores de la temperatura ya han sido corregidos del error radiativo, el cual puede alcanzar los 2 grados a la altura de la tropopausa, más o menos. El promedio de la altura de esa capa resulta 10 Km aproximadamente, excepto en invierno que quizás tiene un valor algo más bajo aún; pero los datos telegráficos muchas veces no permiten una determinación exacta.

Suponiendo, en base a los resultados anteriores, que el vector resultante del viento en 52° Sur, entre los niveles de 1 y 5 Km, aumenta a razón de casi 2 m/seg por cada mil metros de altura, sin mayor variación de la dirección de 260°, más o menos, podemos computar también el promedio del *gradiente meridional horizontal de la temperatura en dicha capa*:

Resultan casi 6°/1000 Km o sea unos 2 grados de temperatura por cada 3 grados de latitud.

Comparando los promedios calculados para la atmósfera sobre las Malvinas con los que suponía Flohn [1], la coincidencia parece más o menos satisfactoria. Empero, el valor de la altura media de la tropopausa en el verano, interpolado por Flohn para la latitud de 52°S parece muy alto, y el valor de la temperatura media entre los 500 y 1000 mb en el invierno es de casi 3° por defecto. También la representación de los vientos (página 45 l. c.) debería corregirse levemente en el sentido de menor fuerza de la componente zonal de las corrientes de altura, en base a los datos de Río Gallegos tan bien respaldados por los sondeos con método Radar.

Si establecemos un paralelo entre las temperaturas de la atmósfera libre sobre las Malvinas y las de las islas Färöer en el Atlántico Norte, sobre la que también predomina la influencia marítima [6], resulta que la troposfera a los 60°N tiene generalmente temperaturas superiores en 1 a 3° que a los 52°S.

Finalmente, me siento obligado a manifestar mi agradecimiento a las autoridades del Servicio Meteorológico Nacional y especialmente a la Sección de Estadística Mecánica de la Dirección de Investigaciones del Servicio Meteorológico Nacional, por la ayuda de que me hicieron objeto para poder llevar a buen fin este trabajo. Mis colegas, Dr. Maurstadt y Dr. Wölcken, tuvieron la gentileza de asesorarme durante la realización de este estudio.

RESUMEN

Comparación de una serie larga de sondeos del viento (globos pilotos) de Río Gallegos con una serie corta de sondeos (Radar) de las Islas Malvinas: Resulta que la rotación del viento con la altura hacia la izquierda y la disminución de la persistencia (lo que indican los globos pilotos) no son reales, sino en parte aparentes, por la selección unilateral de días con poca nubosidad media en el método de los globos pilotos. En el promedio anual, el vector resultante del viento importa 265° 11 m/seg en el nivel de 700 mb y 264° 17 m/seg en 500 mb. En 1000 m de altura sobre Río Gallegos se muestra una marcada diferencia del vector resultante entre los sondeos de la mañana y la tarde; esta diferencia puede aclararse tomando en cuenta la desigual variación diurna de la presión sobre tierra y mar. El curso de las isobaras promedias sobre el Sur de la Patagonia, las cuales se ven en varias publicaciones climatológicas, debe ser corregido en vista de los datos del viento sobre Río Gallegos y Comodoro Rivadavia. Mientras el promedio escalar de la velocidad del viento a 3000 m de altura no demuestra ninguna variación anual, el valor del vector resultante es considerablemente mayor en verano que en invierno, conforme a la mayor persistencia de los vientos del W durante la estación cálida. En base a 228 radiosondeos efectuados sobre las islas Malvinas, se dan promedios de la temperatura entre superficie y 11 Km de altura para las 4 estaciones del año. Estos datos pueden tomarse como representativos para el Sur del territorio de Santa Cruz también. Como promedio, el gradiente horizontal meridional de la temperatura en la capa de 1 a 5 Km de altura resulta 6° por 1000 Km, aproximadamente.

SUMMARY

Comparison of a long serie of winds of Rio Gallegos (pilot balloons) with a short one of the islas Malvinas (Radar)) : the turning to left with hight and the diminishing of persistence (which are indicated by the pilot ballons) are not real, rather are partially caused by the one-sided selection of days with little cloudiness (CM), inherent of the pilot balloon method. The annual mean of the resultant vector amounts to 265° 11 m/sec in 700 mb, 264° 17 m/sec in 500 mb.

In 1000 m at Rio Gallegos, the resultant vector shows a well pronounced difference between morning and afternoon values, which can be explained by the influence of the unequal daily variation of the pressure over land and sea. The course of the mean isobars in the southern part of Patagonia, represented in various climatological publications, has to be corrected because of the winds at Rio Gallegos and Gomodoro Rivadavia.

Whilst the average wind speed at 3000 m no shows any annual variation, the value of the resultant vector of the summer months surpasses that of the winter considerably, corresponding to the more pronounced persistence of the west winds during the warm season.

From 228 radiosonde ascents at Malvinas, we have computed averages temperatures between 0 and 11 Km for the 4 seasons. These values could be taken as representative also for the extrem South of Patagonia. The horizontal meridional gradient of temperature of the layer 1 to 5 Km comes to 6° por 100 Km, approximately.

Bibliografía

1. Flohn, H. — « Grundzüge der allgemeinen atmospharischen Zirkulation auf der Südhalbkugel ». *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie.* Serie A, Band II, Heft 1, Wien 1950.
2. Knoche, W., y colaboradores. — « Clima de la República Argentina », tomo V y VI.
3. « Wheater Summary South America », southern part, H. O. Publ. 529, Washington, 1945.
4. Reger, I. — « Beiträge zur Physik d. freien Atmosphäre ». Band. XX. 1933.
5. Hess, S. L. — *Journal of Meteorology*, V, 6, 1948.
6. Schwerdtfeger, W. — « Meteorologische Rundschau Jg I », Heft 17/18, 1948.

ESTUDIOS SOBRE EL *CRYPTOCOCCUS NEOFORMANS* (SANFELICE)

II. ASPECTO MICROMORFOLOGICO Y CITOLOGIA

POR LOS DOCTORES

PABLO NEGRONI Y C. BRIZ DE NEGRONI

En un trabajo anterior nos ocupamos del estudio micológico de una cepa argentina aislada de un paciente con lesiones generalizadas estudiándola comparativamente con la cepa nº 381 procedente del N. R. R. L. de los EE. UU., comprobando que ambas poseían los mismos caracteres. En esa oportunidad pasamos, también, en revista las formas cutáneomucosas de la blastomicosis europea.

Prosiguiendo el estudio de esas dos cepas hemos observado ciertos aspectos micromorfológicos que consideramos dignos de dar a conocer.

Métodos. — Estas observaciones fueron efectuadas en los cultivos sobre dos medios sólidos y un medio líquido: uno el medio mineral de Lodder utilizado para el auxanograma de la fuente nitrogenada: fosfato monopotásico 0,1 %, sulfato de magnesio 0,05 %, sulfato de amonio 0,1 % y glucosa 1 % más 20 microgramos por ml de clorhidrato de tiamina que, según Mayer y Aschner [1], sería un elemento necesario para obtener su crecimiento en los medios minerales; el otro medio sólido utilizado fué el agar miel de Sabouraud y, el medio líquido: caldo glucosado adicionado de un fragmento de cerebro fresco de cobayo, extraído asépticamente. Los cultivos fueron examinados durante un período de incubación comprendido entre 24 horas y varios meses.

RESULTADOS

En el medio sólido mineral al cabo de 24 h de incubación a 28°C las células se presentan esféricas o subglobosas de 3,12 μ a 10 μ de

diámetro provistas de una membrana refringente y emitiendo, generalmente, un brote por un solo polo (fig. 1, nº 16).

En los cultivos de 5 días hemos observado células adultas que emiten varios brotes a nivel del polo activo, que parecen sucederse rápidamente a juzgar por la escasa diferencia de tamaño que presentan entre sí. Hemos sorprendido una célula madre con tres brotes, pero no sería improbable que otros se hubieran ya desprendido. Queremos llamar la atención que estos brotes nacen a nivel de un polo activo procidente, como si fuera un corto cuello provisto de un poro u ostiolo que no se cierra (fig. 1, nº 16).

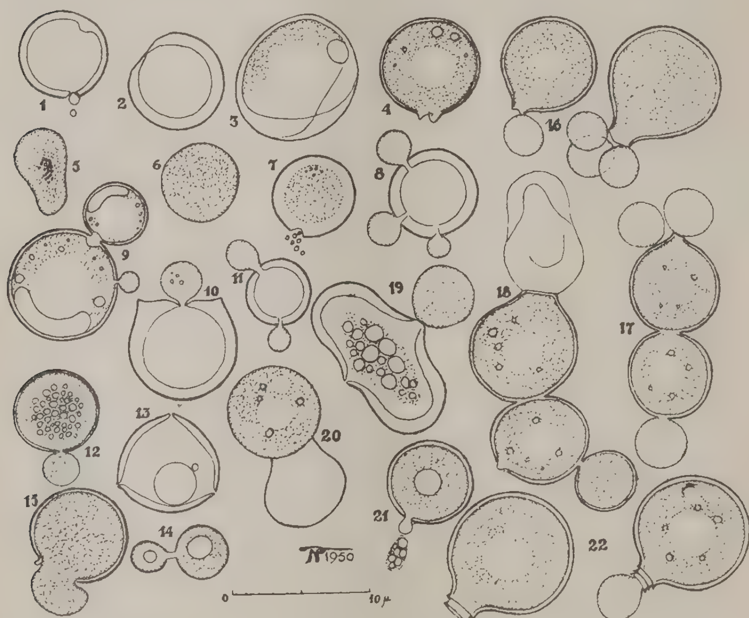


Fig. 1. — Números 1 a 14: diversos aspectos micromorfológicos de un cultivo en agar miel de 5 meses y medio; 15: célula de un cultivo en caldo con cerebro, presentando el fenómeno inicial de la muda; 18 y 20: otros aspectos del mismo fenómeno; 16 a 18: células de un cultivo en el medio mineral con tiamina de 5 días de incubación; 22: células del mismo medio al cabo de 16 días 19 a 21: células de un cultivo de 1 mes de incubación a 28° C en agar miel.

Hemos observado también cadenetas de 3 células de volumen decreciente lo cual indicaría su formación sucesiva (fig. 1, nº 17 y 18). La célula mayor puede continuar en actividad o presentar en un polo la envoltura celular vacía de la cual se ha evaginado.

En los cultivos en el mismo medio de 16 días de incubación y en los del medio líquido. muchas células adultas presentan ese fenómedo de muda (fig. 1, nº 15, 18 y 20). El contenido celular ameboide o provisto de una membrana muy fina abandona su envoltura, evaginándose, para emprender un nuevo ciclo evolutivo, como si se tratara de un proceso regenerativo.

Agar miel: En la fig. 1, nº 19 hemos reproducido un elemento deformado, bilobulado con dos polos activos brotantes y un contenido celular rico en reservas grasas que podría hacer pensar en una forma de copulación. En el nº 21 aparece otro elemento emitiendo su contenido celular en forma de un brote pequeño y de corpúsculos grasos rodeados de cierta porción de protoplasma.

En los cultivos de 5 meses y medio casi todos los elementos son células durables (formas quísticas, digamos) brotando por 1 a 3 puntos de su contorno (nº 8, 9, 10, 12 y 14). Algunos elementos (nº 5 y 6) parecen recientemente evaginados a juzgar por su membrana extremadamente fina y su plasticidad. La mayoría de las células durables tiene un solo polo activo, pero las hay también con dos y tres (nº 8, 11 y 13). En el nº 14 el brote está unido a la célula madre por un corto pedículo simulando una forma de copulación. En el nº 9 existe, entre la célula madre y su brote, una especie de callosidad cuyo significado ignoramos. No sabemos si se trata de un espesamiento gelificable, y funcionando por lo tanto como separador, o de plasmodesmos que aseguran la comunicación intercelular.

CITOLOGIA

La coloración vital con el rojo neutro permite apreciar la existencia de vacuolas con caracteres similares a las de otros *Eumycetes*. Las células adultas tienen una vacuola grande central o excéntrica y a veces varias más pequeñas conteniendo generalmente, un corpúsculo animado de vivos movimientos brownianos teñido en rojo. La evolución ulterior del mismo es idéntica a la que tiene lugar en otros hongos levaduriformes.

La *solución de Lugol* revela la presencia en las células jóvenes (cultivo de 24 horas) de reservas de glucógeno.

Colorante de Guéguen: las células de los cultivos de 24 h se tiñen uniformemente en azul claro y no presentan reservas grasas o

solamente en forma de corpúsculos finos. En los cultivos de una o varias semanas los elementos son ricos en grasas, particularmente los desarrollados en zanahoria. Esta substancia de reserva se tiñe en rojo por el Sudan III que contiene el mencionado colorante y se presenta en forma de un corpúsculo grande central o excéntrico o de numerosos pequeños y de diferentes tamaños. En ocasiones, el corpúsculo central simula un endosporo en las preparaciones montadas en agua.

En el material tomado de los cultivos de uno o varios meses se ven células durables enteramente ocupadas por grasa; en otras, esta substancia se dispone en forma de cuarto creciente alrededor de una gran vacuola central.

Rojo de rutenio: la coloración vital con esta substancia no tiñe la membrana de las células jóvenes, pero las células durables de los cultivos de varios meses se presentan teñidas en rojo.

Hematoxilina férrica de Heidenhain: Las células tienen un solo núcleo que se divide por amitosis penetrando un núcleo hijo en el brote ya formado.

Formación de endosporos. — No hemos logrado obtener la formación de endosporos en las diversas cepas de *C. neoformans* estudiadas sembradas en los siguientes medios de cultivos: zanahoria, Gorodkwa, bloque de yeso, medios de Gorodkowa adicionado de un filtrado de cultivo de *Aspergillus niger* o de un extracto de un cultivo de *Schizosaccharomyces* sp. cepa nº 1547,1 según la técnica de Nickerson y Thimann (2).

COMENTARIO E INTERPRETACION DEL MECANISMO DE BROTACION

El *Cryptococcus neoformans* tiene un proceso de multiplicación vegetativa que no hemos visto en ningún otro hongo levaduriforme y que aparece nítidamente en el medio mineral mencionado.

El brote es emitido a través de un cuello corto y es desplazado por otros que se forman sucesivamente. Es probable que la cápsula mucosa que rodea a los elementos adultos esté, aun, incompletamente formada y sea esa la razón por la cual sólo se vean dos o tres elementos en el orificio del cuello. Todo hace pensar que la célula madura emite brotes durante cierto tiempo a nivel de un cuello provisto de un ostiolo que una vez formado no se cierra sino que persiste como un punto de crecimiento abierto « open growing-point »

de Mason (³). Los elementos emitidos serían, pues, « brotes meristémicos » puesto que su formación no agota la capacidad de originar otros nuevos a ese mismo nivel.

Cuando la célula va envejeciendo el « punto meristénico » aparece *rodeado de un collarete* y como la capacidad de formar nuevos brotes probablemente se retarda mucho, otros tantos collaretes hacen procidencia por dentro del primero (fig. 1, nº 22). Hay células con dos o tres puntos meristémicos.

Este mecanismo de formación recuerda al de las conidias en las fialides tan admirablemente bien descripto por Pethybridge y Lafferty en 1917 en el *Fusarium coeruleum* (citado por Mason) y luego por Duvernoy y Maire (1920) y por Arnaud y Barthelet (1936) en otras especies de hongos.

Ciertas células adultas parecen emitir un contenido celular amorfo y, nos preguntamos, si no serían formas microthallicas infectantes que explicarían su migración hasta el sistema nervioso central desde la puerta de entrada.

RESUMEN

El *Crytococcus neoformans* presenta ciertos caracteres microscópicos que justificarían su ubicación en un género especial, *Crytococcus*, diferente de *Torulopsis*. En los cultivos en medios minerales con tiamina presenta las siguientes particularidades: 1) formación de células hijas por un proceso intermedio entre la brotación y la producción de conidias. Los brotes nacen a nivel de un punto de « crecimiento abierto » o « punto meristémico » provisto de un cuello corto y de un collarete. En las células jóvenes los brotes se conglomeran en el orificio del cuello; en las células viejas (cultivos de 5 y 16 días la energía reproductiva parece disminuir, la membrana adquiere mayor espesor y, cada emisión de brotes, deja un nuevo collarete que hace procidencia por dentro del primero. Estos brotes no son « conidia vera » puesto que no se detienen en su vida vegetativa. Hay células con dos o tres « puntos meristémicos » y otras que emiten un contenido celular amorfo (formas microthallicas infectantes ?). 2) Presenta un fenómeno de muda. La célula regenerada abandona su envoltura y emprende un nuevo ciclo evolutivo.

No hemos podido observar la formación de endosporos ni confirmar el ciclo evolutivo descripto por Todd y Herrmann.

SUMMARY

Cryptococcus neoformans has the following microscopical characteristics which appear specialy on a mineral medium with Thiamin:

1) budding takes place at an « open growing-point-» or meristemtic-point » provided with a short neck and a collar. Daughter-cells are then « meristematic-buds » but not « conidia vera » because they continue their vegetative development. Adul-cells of 5 days seem to delay their reproductive energy and each escaping bud leaves a new collar inside the former one. Some cells seem to discharge amorfous cell-containt (microthallic-forme ?).

2) Resting-cells of *C. neoformans* present the moulting phenomenon. Regenerated cells slip from their membranes which appear attached at one end as empty sheaths. We could not observe endospore formation.

Cells are uninucleated and the other cytological characteristics are those of yeast-like fungi.

BIBLIOGRAFÍA

1. MAYER, J., and ASCHNER, M. — *J. Bact.*, 1947, **53**, 283.
2. NICKERSON, W. J., and THIMANN, K. V. — *Amr. J. Bot.*, 1941, **28**, 617.
3. MASON, E. W. — *Ann. Acc. Fungi Imp. Myc. Inst.*, List. II, 1933, 6.
4. DUVERNOY, A., et MAIRE, R. — *Bull. Soc. Myc. France*, 1920, **36**, 86.
5. ARNAUD, G., et BARTHELET, J. — *Bull. Soc. Myc. France*, 1936, **52**, 61.
6. GUÉGUEN, F. — *Bull. Soc. Myc. France*, 1898, **14**, 201; 1899, **15**, 15.
7. TODD, R. L., and HERRMANN, W. W. — *J. Bact.*, 1936, **32**, 89.
8. REDAELLI, P., e CIFERRI, R. — « Le granulomatosi fungine dell'uomo nelle regione tropicali e subtropicali ». S. E. S., Firenze, 1942.

(CENTRO DE MICOLOGÍA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
E INSTITUTO BACTERIOLÓGICO « MALBRÁN »
DE BUENOS AIRES)

SECCIÓN CONFERENCIAS

LA EDAD DE LA TIERRA

POR

OTTO SCHNEIDER (*)

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 3 de mayo de 1950.

El propósito de esta breve reseña no es el de seguir el proceso evolutivo de nuestro planeta a través de su complejas transformaciones ocurridas desde su nacimiento, lo cual es el tema de la geología toda y de algunos capítulos de las ciencias geofísica y geoquímica. Tampoco pretendemos dar alguna respuesta a esta otra pregunta, que lógicamente surge al meditar sobre estos problemas: ¿Qué suerte correrá la Tierra en el futuro? Nuestro planteo es mucho más restringido; no nos interesa en el presente caso, más que un solo dato cuantitativo y los métodos de que dispone la ciencia para obtenerlo.

Encarando el problema primeramente en forma abstracta, podríamos preguntarnos qué es lo que la astronomía y la geofísica consideran como hipótesis más probable del origen y evolución del sistema planetario, y tratar de inferir la edad de la Tierra en base a estas ideas. Efectivamente, consideraciones de esta naturaleza nos llevan, en forma implícita, a ciertas conclusiones respecto del tiempo transcurrido desde la formación del sistema solar. Pero es indudable que este procedimiento no nos podrá proporcionar más que valores de carácter especulativo, y muchas veces divergentes, puesto que las bases de todas estas hipótesis cosmogónicas son precarias y por consiguiente, ninguna de ellas ha sido aceptada como irrefutable. Lo que pueda inferirse acerca de la edad de la Tierra, en base a un raciocinio astronómico o puramente físico, no merece en estos momentos más que un interés histórico, y nos limitaremos

(*) Jefe de la División Geofísica en el Servicio Meteorológico Nacional

a dar una breve reseña de estas ideas. Por otra parte, desde el punto de vista metodológico, será lógicamente más acertado proceder en sentido contrario: como contamos ya con métodos empíricos mucho más fundados para estimar la edad de la Tierra, convendrá que la astronomía y geofísica general aprovechen estos resultados recientes como elementos de juicio para verificar, a su vez, la validez y consistencia de sus diferentes hipótesis genéticas [1,2].

He aquí algunos de los resultados: H. Jeffreys en su clásica monografía sobre la Tierra [3], analiza la hipótesis de que un « medio resistente » habría ocupado parcialmente el espacio planetario durante el primer tiempo de la existencia del sistema solar, y que este medio habría influído por su viscosidad, en la excentricidad de las órbitas planetarias, supuesta grande al principio. Comparando el tiempo requerido para este proceso con la probable duración de vida de este medio, Jeffreys llega a la conclusión de que la excentricidad de la órbita de Mercurio que hoy observamos, es compatible bajo estas suposiciones, con un tiempo transcurrido de 10^9 hasta 10^{10} años.

E. W. Brown, colaborador astronómico del informe conjunto sobre la edad de la Tierra, producido por una comisión del National Research Council [4] analiza la estabilidad del sitsema planetario, considerado como oscilador, y sus posibles perturbaciones internas por efecto de resonancia entre sus componentes; en dos razonamientos distintos, considera las excentricidades o inclinaciones de órbitas por un lado, y las capturas por otro lado. El actual estado del sistema y ciertas probabilidades (arbitrarias, pero razonables) de la frecuencia de tales sucesos, sugieren una edad del sistema planetario del orden de los 10^{10} años.

Estas estimaciones, aunque desvinculadas de la evidencia geológica y geofísica, no contradicen los resultados recientes, como veremos más adelante. No sucedió así con algunos otros cálculos que hicieron dos destacados físicos del siglo pasado. Uno de ellos, Helmholtz, se basó en la energía de radiación disponible en el Sol; la suponía, según los conceptos de su época, proveniente del potencial de gravitación, y no admitiendo otras fuentes de energía que las que resultan de las transformaciones de energía gravitacional a termodinámica, pudo apreciar la edad de la Tierra. Su valor resultó sorprendentemente reducido, pues obtuvo sólo 22×10^6 años. La otra tentativa fué la que hizo Lord Kelvin; su método se basó en

el proceso de enfriamiento paulatino que se creía habría experimentado la corteza terrestre desde el momento de solidificarse. Para poder deducir en esta forma una apreciación de la edad, debe tomarse en cuenta el gradiente geotérmico, ya que su magnitud actual (conjuntamente con otros datos iniciales) dependerá del tiempo transcurrido desde el momento en que una capa sólida comenzó a impedir el transporte radial del calor por convección, desde el material líquido hacia el exterior. En 1862, Lord Kelvin formuló sobre la base de estas ideas, la hipótesis de que la edad de la Tierra estaría comprendida en un intervalo de 20 a 400×10^6 años, resultado que quedó restringido más tarde (1897) entre los límites aún más estrechos de 20 a 40×10^6 años.

En cambio, la fricción de las mareas (manifiesta a través de una pequeña aceleración en la revolución de la luna y un retardo en la rotación terrestre), es de una magnitud tal que la edad de la Tierra, calculada sobre la base de estos datos empíricos, resulta considerablemente mayor que los valores antes citados, y comparable con los recientemente obtenidos con métodos modernos. En efecto, Jeffreys [3] calcula en esta forma un valor de $1,6 \times 10^9$ años, pero advierte que la fricción global de las mareas oceánicas queda determinada casi exclusivamente por las corrientes en los mares secundarios y epicontinentales, y por lo tanto la magnitud que tiene esa fricción en la actualidad podría no ser representativa de las condiciones en otras épocas. Accidentes de la configuración de costas y orografía submarina, ambas extremadamente variables en tiempos geológicos cortos, pueden incidir de una manera muy acentuada en la magnitud de esa fricción. (Así por ejemplo, Jeffreys halla que el mar de Behring contribuye, en la actualidad, con dos terceras partes a la disipación global de energía por este proceso). Podría resultar, entonces, que la buena concordancia de esta estimación de edad con otras posteriores, se debe a una coincidencia feliz, pero sin valor comprobatorio. En efecto, el mencionado resultado se considera inseguro dentro de un factor de 10, es decir que la edad podría ser unas tres veces más grande, como también, con igual probabilidad, la tercera parte del valor obtenido con este método. Apuntemos de paso que la teoría de la fricción de mareas permite, asimismo, apreciar la edad de la Luna; Jeffreys [3] obtiene para ella un valor de 4×10^9 años, tiempo muy superior a los 57×10^6 años que sugirió G. H. Darwin en base a ideas similares.

Todas las especulaciones mencionadas padecen del defecto de prescindir por completo, o casi por completo, de la evidencia empírica que nos proporciona la ciencia de la tierra en forma de numerosos hechos observados en geología y geofísica. Es, entonces, natural que estas dos disciplinas hayan permitido hacer apreciaciones mejor fundadas, y veremos en seguida que los geólogos pudieron sugerir soluciones más verosímiles que las antes citadas, a pesar de carecer de métodos rigurosamente cuantitativos.

Los testimonios de que pudieron valerse fueron de tres clases: en primer lugar, el material sólido de la corteza terrestre misma, en particular los sedimentos; luego, los fósiles diseminados en ella, y por último las sustancias contenidas en el océano. Contemplemos en una breve reseña la información que puede obtenerse de estas tres fuentes.

Una observación de interés histórico es la que hace Herodoto en el siglo 5º antes de la era cristiana; parece haber sido el primero en calcular la rapidez de sedimentación en un caso particular: intentando apreciar la duración del tiempo prehistóriso, anota que el Nilo, si pudiera ser desviado hacia el Golfo de Arabia, lo llenaría de sedimentos en 20.000 años.

Desde que existe una geología científica, se sabe que los tiempos requeridos para la formación de las capas sedimentarias deben haber sido considerables, y como cada nuevo descubrimiento de formaciones geológicas, sedimentarias o metamorfoseadas, demostró al mismo tiempo su asociación con otras más antiguas, se comprende la verdad de la aserción que afirma: « no hay vestigio de un comienzo ». Bastará recordar aquí un solo dato cuantitativo: el espesor acumulado de todas las formaciones sedimentarias superiores a la base del Cámbrico, de que se tiene conocimiento en la América del Norte, asciende al valor asombroso de 122 Km, y se calcula que el espesor de los estratos depositados en tiempos precámbricos debe haber sido aun mayor (Schuchert ([4])). Agréguese a esto, como advierte Holmes, que ignoramos la fracción (tal vez considerable) que debería sumarse todavía, si tuviésemos vestigios completos de todos los períodos de sedimentación en toda su extensión. Es natural que ante estos hechos los geólogos hayan ido aumentando cada vez más sus exigencias en cuanto al tiempo necesario para explicar la formación de todos los rasgos observados en las capas superiores de la corteza terrestre. Lamentablemente, el proceso de sedimentación

depende, en cuanto a su rapidez, de numerosos factores que se sustraen a una apreciación cuantitativa rigurosa, aunque son muchas las tentativas y grandes los adelantos hechos en este sentido.

En cuanto a la utilización de los fósiles para nuestros cálculos debemos limitarnos a apuntar que el método se basa esencialmente en un razonamiento genético; consiste en apreciar y sumar los números de generaciones que se requieren para cada etapa parcial del proceso evolutivo hacia una mayor diferenciación de los seres orgánicos. Sobre esta base, Charles Darwin, en 1859, estipula un tiempo de 100×10^6 años para explicar la evolución observada desde el Cámbrico hasta nuestros días, y un tiempo mucho más largo aún para la evolución anterior. Expresa Darwin, aflijido por la discrepancia de este resultado con el de los físicos contemporáneos suyos, que esta contradicción le preocupaba seriamente. Después de Darwin los paleontólogos aumentaron mucho más todavía sus exigencias en cuanto al tiempo necesario para toda la evolución orgánica. Como manifestación característica de este pensamiento, merece citarse el siguiente párrafo de Clarke ([4]), quien en una publicación de nuestro siglo se refiere a ciertos fósiles del período Cámbrico con estas palabras: « Cuando contemplamos los fósiles de Burgess Pass, cuando vemos la extraordinaria complejidad de su anatomía, se nos impone la impresión terminante de que entre sus parientes más cercanos y sus posibles descendientes hodiernos no existe ninguna diferencia en el grado de especialización estructural, ningún progreso en el perfeccionamiento de sus funciones orgánicas. Del punto de vista paleontológico el trilobita Neolenus nos simboliza la estupenda vastedad de los tiempos transcurridos detrás suyo. Ese pequeño ser, nada conspicuo, vestigio de los lejanos y tenebrosos días del Cámbrico, revela un organismo tan altamente especializado que debe haber demandado eones incontables el producirlo, si es que queremos atribuir su desarrollo orgánico a cualquiera de los procesos evolutivos que admitimos en paleontología. Basándonos pues, en la estructura de ese antiguo trilobita solamente, resulta seguro, y posiblemente necesario, inferir que entre Neolenus y el comienzo de la vida hay un intervalo más largo, mucho más largo, que el que nos separa a nosotros de Neolenus ».

La tercera de las tres fuentes informativas mencionadas, el contenido de sales en el océano, nos proporciona un ejemplo ilustrativo para dilucidar las condiciones que deben estipularse en todo método

cuantitativo que pretende medir la edad de la tierra o de una formación geológica en base a un proceso acumulativo. Estos métodos pueden compararse con la medición de un intervalo de tiempo mediante un reloj de arena, o ampolleta, y exigen conocer, por lo menos, los siguientes factores (Keevil ([5])):

a) la velocidad de su marcha, o sea el efecto producido por unidad de tiempo;

b) el efecto total acumulado inclusive el conocimiento de la posible cantidad inicial;

c) toda posible variación de la marcha durante el tiempo abarcado.

La salinidad del océano se atribuye, por lo general, a un proceso acumulativo de esta índole, aunque existe divergencia de opiniones acerca del posible contenido de sales en el océano primitivo, formado desde el momento en que la temperatura del joven planeta había descendido lo suficiente para permitir la condensación de agua líquida en su superficie. De todos modos, es claro que los valores calculados en esta forma no dan, en rigor, más que un límite superior de la edad de la tierra. La inseguridad respecto de la salinidad inicial (Knopf ([4])) afecta grandemente los cálculos, ya que, de este modo, no se cumple la segunda parte de la condición *b*. Su primera parte es la más fácil de satisfacer, pues el volumen total de los océanos se puede determinar con suficiente exactitud en base a los numerosos relevamientos oceanográficos, y lo mismo puede afirmarse de la distribución de la salinidad. En cuanto a la condición *a*, se supone que el transporte de sales en solución hacia el océano tiene lugar principalmente por los ríos. Las cantidades transportadas en algunos ríos representativos se conocen a través de determinaciones simultáneas de caudales y contenido en sales disueltas. El aporte anual global se obtiene luego con una apreciación integral de los caudales en todos los continentes.

He aquí los principales resultados:: el contenido total de los océanos en sodio, elemento usado con preferencia en estos cálculos, es de 1,4 a $1{,}6 \times 10^{16}$ toneladas, según Clarke ([4]). El suministro anual, a su vez, es de $1{,}58 \times 10^{8}$ toneladas. De ello resulta que el transporte de sodio hacia los océanos debería haberse mantenido con su ritmo actual durante un tiempo aproximado de 100×10^{6} años para poder explicar el contenido total acumulado. Estas apreciaciones las debemos ante todo a Joly (1898), a Sollas y a Becker, en

los primeros años de nuestro siglo. Más recientemente, Conway [6] repitió estos cálculos, introduciendo algunas correcciones apreciables, para eliminar los errores originados por el hecho de que cierta cantidad de sodio hoy disuelto en el océano ha participado del mismo proceso más de una sola vez. Efectivamente, no todas las sales disueltas y llevadas por las aguas superficiales de los continentes pertenecieron siempre a los mismos, puesto que el proceso abarca también sedimentos marinos hoy expuestos en la superficie continental, cuyas sales ya se encontraron una o varias veces en el océano. Conway obtiene, de este modo, un valor de unos 250×10^6 años como la probable edad del océano. También se ha señalado como posible fuente de errores sistemáticos en este procedimiento la falta de determinaciones de sustancias solubles en los ríos durante las crecientes. En efecto, las determinaciones suelen realizarse cuando los caudales son regulares, y no es lícito suponer tácitamente que el contenido por unidad de volumen sea el mismo en los períodos de desagües torrenciales. Por consiguiente, se estima en exceso el aporte anual de sales al océano, y se subestima la duración total del proceso.

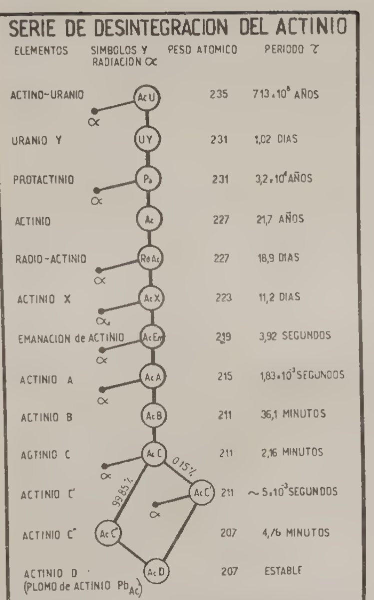
Otras objeciones que pueden hacerse a este método, se fundan especialmente en el incumplimiento de la condición *c*. En este sentido, Holmes [7] señala el hecho notorio de que el actual ritmo de denudación no es nada representativo de las condiciones medias que deben haber prevalecido en otras épocas geológicas. Son tres los factores fisiográficos que determinan principalmente el rendimiento global de este proceso, aparte de los cambios climáticos, a saber: el área total de los continentes, la altura media, y el relieve. Bastaría, según afirma Holmes, suponer reducidos estos factores, en el pasado, a $^1/_2$ ó $^1/_3$ de su actual valor, para obtener una edad oceánica 8 ó 27 veces mayor que la calculada anteriormente. Ello nos llevaría, en el caso extremo, a un valor superior a los 6000×10^6 años, y hemos de aceptar el argumento de Holmes, de que un método afectado por tan amplio margen de inseguridad no puede reclamar el calificativo de procedimiento cuantitativo.

Tal era el estado del problema hacia fines del siglo pasado (aún cuando algunos de los trabajos mencionados pertenecen a nuestro siglo). El descubrimiento de la radioactividad, de tan vastas consecuencias en la física general, hubo de revolucionar también los conceptos y métodos de la cronología terrestre. En 1898, los esposos

Curie descubren el radio; poco después, G. C. Schmidt identifica el torio y Debierne el actinio. En 1903, Curie y Laborde observan la producción de calor en la proximidad de las fuentes radioactivas, y más tarde, Rutherford determina numéricamente la cantidad específica de calor librado en el caso del uranio. De especial importancia en el problema que nos ocupa, es la ubicuidad de rastros radiactivos en la corteza terrestre; este hecho trascendental señalado por Strutt, no solamente permite enriquecer notablemente nuestros catálogos de datos geocronológicos de todas las épocas geológicas, sino también nos da la clave del fracaso que sufrieron los cálculos basados en el enfriamiento de la tierra, y de su discrepancia con la evidencia geológica. El suministro de calor por las sustancias radioactivas modifica por completo el balance de enfriamiento, aun cuando las suponemos localizadas exclusivamente en la corteza y capas inmediatas superiores, como es razonable admitirlo en base a argumentos geoquímicos y geotérmicos.

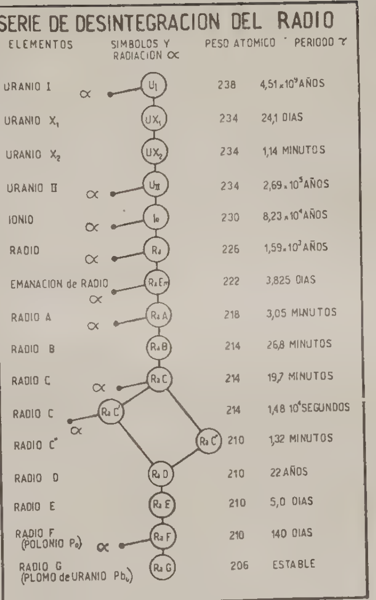
Antes de detallar algunos de los métodos geocronológicos basados en estos procesos, recapitularemos los principales hechos de los fenómenos radioactivos, en cuanto sean de importancia para nuestro tema. En el cuadro que insertamos a continuación, figuran las tres familias radioactivas clásicas, o sea, la del uranio (cuyos átomos poseen números de masa igual a $4n+2$), la del torio (con masa $4n$), y la del actinio (con masa $4n+3$). Hoy se conoce una cuarta familia ([8]) denominada « del neptunio », con masas igual a $4n+1$, de la cual se encuentran algunos miembros en la naturaleza, y que hasta ahora no parece haber sido utilizada en las determinaciones de edades. En cada una de estas cadenas se observan sucesivas transformaciones de los elementos en otros, también radioactivos; algunas de estas transformaciones van acompañadas por la emisión de una partícula alpha, y en estos casos el peso atómico de la nueva sustancia es menor en cuatro unidades con respecto al elemento anterior. Todas estas series terminan en una variante (isótopo) del plomo, que no es radioactivo.

De numerosos elementos químicos se conocen varios isótopos; los átomos respectivos se distinguen por su peso, que difiere de los otros isótopos del mismo elemento en 1, 2, 3... unidades enteras, debido a la presencia de un mayor o menor número de neutrones en el núcleo. Las propiedades químicas de los diferentes isótopos de un mismo elemento son muy aproximadamente idénticas, al me-



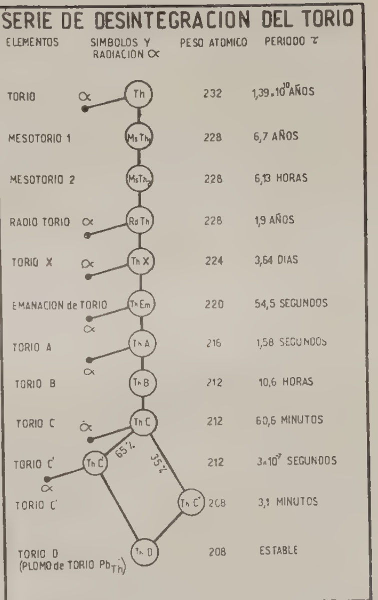
SERIE DE DESINTEGRACION DEL ACTINIO

ELEMENTOS	SIMBOLOS Y RADIACION α	PESO ATOMICO	PERIODO τ
ACTINO-URANIO	AcU α	235	713.10^8 AÑOS
URANIO Y	UY	231	1,02 DIAS
PROTACTINIO	Pa α	231	$3,2.10^4$ AÑOS
ACTINIO	Ac	227	21,7 AÑOS
RADIO-ACTINIO	RdAc α	227	18,9 DIAS
ACTINIO X	AcX α	223	11,2 DIAS
EMANACION de ACTINIO	AcEm α	219	3,92 SEGUNDOS
ACTINIO A	AcA α	215	$1,83.10^{-3}$ SEGUNDOS
ACTINIO B	AcB	211	36,1 MINUTOS
ACTINIO C	AcC α	211	2,16 MINUTOS
ACTINIO C'	AcC' α	211	$\sim 5.10^{-3}$ SEGUNDOS
ACTINIO C''	AcC''	207	4,76 MINUTOS
ACTINIO D (PLOMO de ACTINIO Pb_{Ac})	AcD	207	ESTABLE



SERIE DE DESINTEGRACION DEL RADIO

ELEMENTOS	SIMBOLOS Y RADIACION α	PESO ATOMICO	PERIODO τ
URANIO I	U_I α	238	$4,51.10^9$ AÑOS
URANIO X_1	UX_1	234	24,1 DIAS
URANIO X_2	UX_2	234	1,14 MINUTOS
URANIO II	U_{II} α	234	$2,69.10^5$ AÑOS
IONIO	Io α	230	$8,23.10^4$ AÑOS
RADIO	Ra α	226	$1,59.10^3$ AÑOS
EMANACION de RADIO	RaEm α	222	3,825 DIAS
RADIO A	RaA α	218	3,05 MINUTOS
RADIO B	RaB	214	26,8 MINUTOS
RADIO C	RaC α	214	19,7 MINUTOS
RADIO C'	RaC' α	214	$1,48\ 10^{-4}$ SEGUNDOS
RADIO C''	RaC''	210	1,32 MINUTOS
RADIO D	RaD	210	22 AÑOS
RADIO E	RaE	210	5,0 DIAS
RADIO F (POLONIO Po)	RaF α	210	140 DIAS
RADIO G (PLOMO de URANIO Pb_U)	RaG	206	ESTABLE



SERIE DE DESINTEGRACION DEL TORIO

ELEMENTOS	SIMBOLOS Y RADIACION α	PESO ATOMICO	PERIODO τ
TORIO	Th α	232	$1,39.10^{10}$ AÑOS
MESOTORIO 1	$MsTh_1$	228	6,7 AÑOS
MESOTORIO 2	$MsTh_2$	228	6,13 HORAS
RADIO TORIO	RdTh α	228	1,9 AÑOS
TORIO X	ThX α	224	3,64 DIAS
EMANACION de TORIO	ThEm α	220	54,5 SEGUNDOS
TORIO A	ThA α	216	1,58 SEGUNDOS
TORIO B	ThB	212	10,6 HORAS
TORIO C	ThC α	212	60,6 MINUTOS
TORIO C'	ThC' α	212	3.10^{-7} SEGUNDOS
TORIO C''	ThC''	208	3,1 MINUTOS
TORIO D (PLOMO de TORIO Pb_{Th})	ThD	208	ESTABLE

nos en los elementos pesados (9); también es constante, con mucha aproximación, la relación de mezcla entre los isótopos con que se nos presentan los elementos comunes hallados en la naturaleza, con excepción de aquellos que se constituyen preferentemente de productos de desintegración radioactiva. Así por ejemplo, el uranio y el actino-uranio (U^{238} y U^{235}) son isótopos químicamente inseparables de un mismo elemento y en la naturaleza aparecen siempre asociados, en proporción aproximada de 139 : 1, circunstancia que por largo tiempo dificultó la identificación de la segunda de las dos sustancias nombradas. En cambio, el plomo común de la naturaleza, compuesto de los isótopos Pb^{204}, Pb^{206}, Pb^{207}, Pb^{208} y rastros de Pb^{209}, se halla en mezclas cuya proporción varía de muestra en muestra, puesto que los últimos cuatro isótopos son, por lo menos en gran parte, de origen radioactivo, provenientes de las tres series representadas en nuestro cuadro y de la del neptunio.

En los procesos radioactivos caracterizados por la emisión de una partícula α es posible identificar a esta última como átomo de helio, y si la desintegración tiene lugar en el interior de un mineral, este átomo de helio permanece, por lo general, capturado en la estructura del mismo, pero es químicamente separable con los métodos de análisis mineralógico. En las tres series radioactivas mencionadas, cada átomo de la sustancia madre, para convertirse finalmente en un átomo de plomo, debe emitir en las sucesivas etapas intermedias un determinado número acumulativo de átomos de helio, a saber: 8 en el caso del uranio, 7 en el caso del actino-uranio, y 6 en el caso del torio. De este modo, cada átomo de Pb^{204} de origen radioactivo debe hallarse asociado, en su proximidad, de 8 átomos de helio; cada átomo de Pb^{207}, de 7 átomos de helio, y cada átomo de Pb^{208}, de 6 átomos de helio.

Entre los isótopos de los elementos más livianos hay varios que son radioactivos; en relación con el problema que nos ocupa, interesan particularmente el sodio Na^{24}, el potasio K^{40} y el rubidio Rb^{87}. Todos ellos han sido utilizados a la par de los elementos radioactivos clásicos, para determinar la edad de las rocas en que se encuentran (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), con métodos análogos a los que pasaremos a explicar. En principio, estos procedimientos son también idénticos a los que se aplicaron últimamente en arqueología, para estimar la edad de ciertos hallazgos con la ayuda de un isótopo radioactivo del carbono, presente en toda sustancia

orgánica; la diferencia está en la constante de desintegración de este elemento, que lo hace apropiado solamente para calcular intervalos muy cortos en comparación con el tiempo geológico.

Sobre esta base puede ahora intentarse la determinación de la edad de un mineral o de una roca con impurezas de sustancias radioactivas, comparando el número de átomos de la sustancia madre con el de las sustancias de desintegración, ya sea el helio o el plomo, en el caso de las series clásicas. Se ve entonces que cada roca con algún contenido en sustancias radioactivas ofrece, en principio, seis posibildades para realizar en ella determinaciones de este tipo, o sea, las de analizar su contenido en uranio, actino-uranio o torio, y relacionar estas cantidades con las correspondientes de plomo o de helio.

El primero en realizar un cálculo de edad según este método fué Strutt, quien encontró en una torianita una cantidad de helio 280×10^6 veces mayor de la que esta muestra era capaz de producir en un año. Supuso entonces que la edad de este mineral debía ser de 280 milonès de años. Evidentemente, para poder llegar a esta conclusión es menester determinar el contenido en sustancias radioactivas madres y conocer là producción, por unidad de tiempo, de elementos derivados.

Este último problema está resuelto de una manera satisfactoria para los elementos radioactivos comunes, o sea los de las tres familias antes mencionadas; en efecto, la rapidez con que son producidos los elementos derivados está dada implícitamente por la constante de desintegración λ de cada elemento radioactivo, o bien por su período de vida media, τ, relacionado con la primera en la forma $\tau = \log 2/\lambda$, valores estos que son característicos de cada elemento radioactivo y son objeto de frecuentes redeterminaciones de iaboratorio.

Si los elementos radioactivos que se usan en estas determinaciones de edades son de período muy largo (por ejemplo el U^{238}, U^{235} y Th^{232}) y las rocas investigadas no son excesivamente antiguas, el agotamiento de la reserva primitiva en átomos de la sustancia madre puede considerarse despreciable, en comparación con el número total de átomos; de tal modo, la cantidad existente en la actualidad es prácticamente representativa de la cantidad primitiva. De lo contrario, es fácil introducir las correspondientes correcciones por desgaste de la sustancia madre.

Analicemos ahora estos procedimientos a la luz de las condiciones fijadas más arriba para los métodos geocronológicos. Las primeras dos pueden considerarse cumplidas en el caso de los « relojes radioactivos », puesto que el ritmo de producción de la sustancia testigo (Pb o He) se conoce con la exactitud necesaria (condición *a*) ; también es accesible a las medidas de laboratorio la cantidad inicial de la sustancia madre y la cantidad total acumulada del producto de desintegración (condición *b*), aunque esta última con una inseguridad considerable cuando se trata del helio. Este elemento, debido al estado gaseoso en que se encuentra, no ofrece garantías absolutas de permanecer siempre acumulado, en los intersticios de la estructura mineral, con la misma concentración que sería la correspondiente a su ritmo de producción. Se plantea así el problema que en la terminología anglosajona se ha dado en llamar el de la « retentividad » de los minerales respecto del helio, y que ha sido objeto de amplios estudios ([5], [17], [18], [19], [20], [21], [22]). Coinciden los autores, en su mayoría, en desechar el método del helio, recomendando, en cambio, el empleo de aquel que se basa en la acumulación de otros productos de desintegración, ante todo el plomo.

En cuanto a la tercera condición (*c*), que exigía la constancia del proceso acumulativo o, al menos, el conocimento de la ley según la cual este proceso puede haber variado, suponemos hoy que este requisito está cumplido satisfactoriamente. Sin embargo, no se llegó a esta certidumbre sinó a través de serias dudas y controversias. Las razones que apoyan la aserción de que el reloj radioactivo ha conservado su ritmo de marcha son físicas, teóricas y experimentales, como también mineralógicas.

La teoría de la desintegración espontánea de los elementos radioactivos nos enseña que ninguna influencia física de las que pueden haber actuado sobre las sustancias de la corteza terrestre, desde su nacimiento, es capaz de afectar la probabilidad de desintegración de los átomos, es decir, la constante λ, propia de cada elemento radioactivo. Concuerda con esto la constancia de las vidas medias determinadas en las más diversas condiciones. Sin embargo, podría argüirse que estas dos razones no implican, por sí solas, la validez de estas mismas constantes a través de los inmensos espacios de tiempo que ocupa la evolución de los astros y de la Tierra.

Procurando entonces obtener algún elemento de juicio que pu-

diera disipar esta duda, los investigadores de principios de nuestro siglo volvieron a concentrar su atención en un fenómeno mineralógico que se conocía desde algún tiempo atrás, los halos pleocroicos [4]. En algunos minerales, particularmente biotita, cordierita, turmalina, clorita, fluorespato, se encuentran diminutas inclusiones de circonio, rodeadas de pequeñas esferas concéntricas de material oscurecido. En secciones transversales, hechas a través del « núcleo » o en su proximidad, estas zonas se presentan bajo el microscopio en la forma de anillos concéntricos, cuya similitud con el fenómeno óptico observado en la atmósfera alrededor del sol o la luna, sugirió la denominación de « halos ». El tamaño del « núcleo » es de pocos micrones, y los radios de los halos no pasan, por lo general, de unos 30 a 40 micrones, llegando sólo en casos excepcionales a valores de 55 ó 60 micrones (granitos precámbricos de Suecia). Para dar una idea de la pequeñez del núcleo, anotemos que la cantidad de uranio contenida en el mismo fué determinada, en especímenes característicos, en 10^{-13} gramos.

En 1907, Joly sugirió como explicación de este fenómeno la radioactividad del « núcleo », atribuyendo las zonas oscurecidas al impacto de las partículas α emitidas desde el centro y detenidas en una distancia característica, dependiente de la naturaleza del material circundante y de su propia energía (ley de Geiger-Nuttall). Esta, a su vez, se relaciona directamente con la constante de desintegración de la sustancia que las emite. Como el « núcleo » contiene la sustancia madre, por ejemplo el U^{238}, y simultáneamente los elementos engendrados que pertenecen a la familia correspondiente, todos ellos radioactivos con una determinada constante de desintegración, es fácil de comprender que las partículas emitidas se detendrán en diferentes distancias. También es lógico esperar diferentes grados de coloración en las zonas esféricas así formadas.

Esta explicación cualitativa, hoy aceptada generalmente, tropezó sin embargo con dificultades cuantitativas; no se lograba, al principio, identificar todos los anillos con el alcance de acción de una determinada clase de radiación α, ni era posible encontrar siempre los mismos anillos y grados de oscurecimiento en minerales que se suponían de la misma edad geológica. El mismo Joly, ante esta desconcertante situación, fué llevado a afirmar que la única posible explicación era la de admitir que el ritmo de desintegración de los elementos radioactivos habría cambiado con el tiempo [22].

Más de 40 años de asidua labor en este interesante campo de la mineralogía permitieron, felizmente, disipar las dudas que despertaba el enigma de los halos pleocroicos, y establecer un ordenamiento satisfactorio de todos los hechos observados. Debemos estos trabajos, ante todo, a G. H. Henderson y sus colaboradores ([24], [25], [26]), quienes estudiaron la variación del oscurecimiento en función del radio con la ayuda de un microfotómetro registrador creado para este fin específico. Como resultado de todos estos trabajos puede afirmarse hoy que las halos pleocroicos, lejos de invalidar la hipótesis de la constancia de los relojes radioactivos, constituyen el principal elemento de prueba a su favor.

Aun antes de que quedaran disipadas las dudas acerca de la exactitud de los « relojes radioactivos » como medidores geocronológicos, se tuvo una confirmación relativa de su aptitud, cuando las determinaciones hechas progresivamente en numerosísimos minerales revelaron no solamente una buena concordancia cualitativa entre sí, sino también entre el orden de sucesión cronológica hallada por estos medios y el que exigía en cada caso la clasificación geológica. La confianza hacia estos nuevos métodos se acrecentó en la opinión de los geólogos cuando los valores numéricos de las edades geológicas así calculadas resultaron muy superiores, para las rocas más antiguas, a las admitidas para la tierra misma en las especulaciones físicas a que hemos aludido al principio y que eran tan difíciles de conciliar con el razonamiento geológico.

Hasta nuestros días, el número de determinaciones hechas con estos métodos radioactivos pasa de 5000, y posiblemente de 10.000. Se conocen los resultados de muchas regiones características de la Tierra, en particular, como es lógico, de los antiguas escudos precámbricos del Canadá y de Fennoscandia. Sería interesante completar esta colección con algunas determinaciones que podrían realizarse en las viejas formaciones geológicas que existen en la Argentina, ya que la ocurrencia de materiales radioactivos en Córdoba, San Luis, La Rioja y Mendoza ha concentrado la atención de los investigadores en este problema de la geología. Aparte de esto, conviene siempre recordar el interés que la geofísica universal tiene en todos los datos del hemisferio austral, para contrarrestar el desequilibrio que existe en la distribución de nuestros conocimientos geofísicos, originado por la mayor extensión de las áreas continentales en el hemisferio septentrional, y por la mayor densidad y antigüedad de sus centros de investigación.

De los valores muy elevados que obtuvieron algunos investigadores con estos métodos, mencionaremos el de $1{,}985 \times 10^9$ años, asignado a una uraninita precámbrica de Huron Claim (Manitoba), de la cual afirma Holmes (7) que seguramente no representa el mineral más antiguo de la Tierra, pues la muestra se hallaba asociada, dentro de una pegmatita, con otros minerales que por razones geológicas deben considerarse de origen anterior. Algunas otras determinaciones, también hechas en el Canadá, dieron resultados superiores a los 2000 millones de años. Así por ejemplo, Hurley (27) obtiene para magnetitas de Ontario edades de 2000 a 2400×10^6 años, agregando que, « de ser correctas estas edades, nos indicarían la más antigua zona orogénica conocida ». De un modo similar, Ahrens (10) halló para lepidolitas del sudeste de Manitoba valores entre 2100 y 2350×10^6 años. El método usado en este caso fué el del estroncio-rubidio, circunstancia que confiere a este resultado un alto valor comprobatorio. Este autor, a su vez, señala la extrema antigüedad de las pegmatitas del sudeste de Manitoba, las que, en su opinión, « representan la parte más vieja de la corteza terrestre, con la posible excepción de las pegmatitas del norte de Carelia » (escudo fenoscándico). También añade consideraciones similares a las hechas por Holmes, acerca de la asociación de estos materiales con otros, evidentemente más antiguos.

A propósito del método empleado por Ahrens, es interesante anotar que en estos últimos tiempos se ha generalizado en estos trabajos, el uso de isótopos radioactivos de otros elementos, fuera de los radioactivos comunes; ya hemos mencionado más arriba, el K^{40}, el Rb^{87} y el Na^{24}. Algunos de estos estudios originaron especulaciones geofísicas más generales, en las cuales se trató de vincular la reserva total del isótopo K^{40} en la tierra con su edad, y también con la cantidad total de argón existente en el planeta (11; 12; 13; 14). Se reconoce, de paso, la similitud de estas tentativas con las explicadas al principio, que se referían al contenido de sales en el océano; las salvedades hechas en esa oportunidad se aplican, de un modo análogo, a estas nuevas especulaciones, dificultadas, además, por el conocimento insuficiente que hoy por hoy se tiene de las constantes de desintegración de estos isótopos.

Volviendo a los resultados más seguros que se han obtenido con los procedimientos radioactivos clásicos, hemos de recordar que los mismos son aplicables (y fueron aplicados) a rocas de las más di-

versas edades geológicas, y que en ningún caso nos proporcionan más que una cota *inferior* de la edad de la *Tierra*. Es por esto que nos hemos limitado a citar sólo algunos de los valores más elevados de las edades de *rocas* halladas hasta el presente.

Por otra parte, y de una manera similar, puede intentarse hallar una cota *superior* de la edad de la tierra. A este fin, Holmes ([7]) recurre a un análisis isotópico hecho por Nier con una galena concentrada en el Terciario, hace unos 25 millones de años, es decir a una época relativamente reciente en comparación con la edad de la Tierra. En esta investigación, Nier halló el isótopo Pb^{207} en una cantidad de 4,2 partes por millón, y el uranio en la cantidad de 3,5 partes por millón. Suponiendo ahora que este Pb^{207} fuera *exclusivamente* de origen radioactivo (y despreciando la alteración insignificante que puede haber tenido lugar en el corto intervalo desde el Terciario hasta nuestros días), Holmes aplica la fórmula común que relaciona la proporción de ambas sustancias con la duración del proceso, y obtiene así un tiempo de 5420×10^6 años. Es claro que esta hipótesis especulativa ha de proporcionarnos un valor máximo, puesto que cualquiera supuesta cantidad inicial, no nula, de Pb^{207} que hubiera intervenido en la formación de esta galena, haría disminuir, correspondientemente, la cantidad de plomo de origen radioactivo y, por tanto, la proporción de éste con el uranio, es decir, la edad obtenida por el cálculo.

En realidad, por otras consideraciones más sutiles que se deben ante todo a Holmes, sabemos con bastante certeza que la corteza primitiva no careció del todo de los isótopos Pb^{206}, Pb^{207} y Pb^{208}, e incluso podemos indicar la proporción en que existieron durante esa fase inicial de la evolución terrestre. Por consiguiente, los 5420 millones de años estimados más arriba, significan realmente un límite superior ficticio. Las ideas que permitieron llegar a conocer la proporción de los isótopos de plomo en la corteza primitiva representan el paso más ingenioso en el continuo refinamiento de los métodos geocronológicos radioactivos, por lo cual nos detendremos brevemente para resumirlas en grandes rasgos.

Holmes emprende este nuevo estudio partiendo ya no de los rastros de plomo hallados dispersos en las rocas como derivados de las sustancias madres radioactivas, sino de concentraciones en forma de *minerales plomíferos,* particularmente galena. Considera entonces dos etapas de un largo proceso evolutivo. La primera co-

mienza con el momento t_0 de la formación de la corteza terrestre, identificado con el nacimiento de la tierra; razones cosmogónicas, no invocadas expresamente por Holmes, apoyan la hipótesis de que el tiempo desde la primera concentración del material telúrico hasta la formación de la corteza primitiva habría sido corto, si lo comparamos con la edad total de la tierra. Estos argumentos se hallan expuestos en la monografía clásica de Jeffreys ([3]). Más propiamente, el tiempo t_0 significa el momento en que el material siálico de la corteza se separó del cuerpo de la tierra. En este momento t_0 suponemos una proporción fija, pero incógnita por el momento, de los diferentes isótopos del plomo con respecto al Pb^{204}, admitiendo incluso la posibilidad de que alguna o todas estas proporciones, o « abundancias isotópicas » pueden haber sido nulas. (Ya anticipamos más arriba que los resultados descartan esta posibilidad extrema). Desde el momento t_0 las abundancias isotópicas comienzan a ser modificadas por la agregación, con un ritmo diferente y característico en cada isótopo, de más átomos, producidos por la desintegración de las sustancias radioactivas, dispersas por todas partes en el material de la corteza primitiva. Evidentemente, el grado de alteración que de este modo sufrieron las abundancias isotópicas primitivas, dependerá del tiempo que el material puede haber permanecido en su estado de primera solidificación. Este tiempo quedó delimitado por una o varias interrupciones producidas por refusión y diferenciación de este material. Sea t_m el momento en que de esta manera se formó definitivamente una roca de las que consideramos para el presente raciocinio, o sea las gangas con contenido de minerales plomíferos. A partir de t_m comienza la segunda de las dos etapas evolutivas mencionadas. Es claro que, mientras t_0 es un tiempo de validez universal para toda la tierra, el valor de t_m será diferente y característico de cada una de las rocas investigadas. Gracias al proceso de diferenciación que dió origen a la formación de los minerales plomíferos, estos quedaron separados de las sustancias radioactivas madres, de manera que la abundancia isotópica que tenían en este momento (resultado del tiempo desde t_0 hasta t_m), quedó « congelada », por así decirlo.

La teoría de Holmes se vale de dos hechos fundamentales, conocidos por otras fuentes. Uno de ellos es la abundancia isotópica actual en los minerales de plomo, determinada en una serie de muestras representativas, por Nier y colaboradores, entre los años

de 1938 y 1941 ([28,29]), con la ayuda del espectrógrafo de masas. Los especímenes, en número de 25, fueron tomados de muy diversas regiones de la tierra, y de rocas de diferentes edades geológicas. El segundo hecho básico en la argumentación de Holmes es el conocimiento de estas edades geológicas, o sea, de los valores t_m, para cada una de las gangas. A este respecto, era suficiente emplear los métodos expuestos más arriba, que dan en cada caso los valores numéricos de t_m, variables entre 25 millones de años (Terciario) y 1330 millones de años (Precámbrico canadiense).

Munido de estos datos básicos, que podemos considerar observacionales, Holmes logró demostrar, en primer lugar, que efectivamente las abundancias isotópicas actuales responden a la hipótesis ya anticipada por Nier, de que « el plomo primitivo que existía en el material de la parte exterior de la tierra, ha ido modificándose por la agregación de plomo radiógeno ». También estima suficientemente asegurada « la evidencia de que el plomo de minerales plomíferos representa una concentración del que se hallaba disperso en la roca de corteza de las regiones respectivas en el tiempo cuando se depositó el mineral ».

En segundo lugar, y sobre el fundamento de estas primeras conclusiones, Holmes procede a establecer una serie de ecuaciones que relacionan los excedentes de abundancias isotópicas, (las halladas en la actualidad, menos las primitivas, incógnitas) por un lado, con las diferencias $t_0 - t_m$ por otro lado. Estas ecuaciones contienen, como incógnitas, las abundancias isotópicas iniciales y el tiempo t_0. Con un número suficiente de muestras es posible resolver dichas ecuaciones; la cantidad de 25 muestras incluídas en el estudio de Holmes dió soluciones determinadas en exceso, de modo que fué necesario aplicar criterios estadísticos para hallar la solución más probable y estimar su error probable. La solución « modal » del valor t_0 resultó ser de 3350 millones de años, y el promedio de las soluciones, 3290 millones de años; la amplitud total de variación fué de 2000 a 4400 millones de años.

El método y resultado de Holmes ha sido objeto de un análisis crítico por parte de Jeffreys ([30]), quien destaca la poca seguridad estadística de su valores finales, sin descartar la posibilidad de que se aproximen a la realidad. La crítica de Jeffreys, basada parcialmente en argumentos de Bullard, aclara algunos puntos no explicados por Holmes, y señala la necesidad de contar con un ma-

yor número de datos observacionales. Independientemente, Houtermans [31] elaboró una teoría similar a la de Holmes, basándose también en los mismos datos de Nier. El trabajo de Houtermans se distingue por la precisión y cautela con que se formulan las premisas acerca del complejo proceso genético. Los resultados son muy similares a los de Holmes.

El fin que Houtermans persigue en su estudio no es, en realidad, el de hallar la edad de la Tierra, sino la del elemento uranio. Pero resulta que ambos problemas están vinculados entre sí, y a su vez, con el de la edad del universo. Aún reconociendo que esta cuestión trasciende el tema del presente resumen, y que, además, involucra dificultades fundamentales para el pensamiento científico y filosófico, valdrá la pena comparar los resultados obtenidos en ambos campos de investigación. El interés que deben tener en esta comparación tanto los geólogos y geofísicos como los astrónomos, es recíproco, ya que los respectivos valores calculados se condicionan mutuamente: la edad de la Tierra es, por fuerza, un límite inferior de la del universo.

Desde este punto de vista, y con una marcada tendencia de subrayar las exigencias geológicas de una edad telúrica muy elevada, emprendió Dehm [2] un interesante estudio comparativo, compilando una serie de datos cosmológicos de varias fuentes. He aquí algunos de ellos: en primer lugar, puede razonarse con respecto al universo de un modo análogo como lo hicimos con la tierra, estipulando que su edad no debe ser menor que la de cualquiera de sus entidades constitutivas. Tomando, como un ejemplo, la nebulosa de Andrómeda, podemos referirnos a un estudio dinámico de von Weizsäcker [32] quien calculó en 2×10^9 años el tiempo que ésta demandaría para disiparse. En forma similar, Bok estimó en 20×10^9 años el período de estabilidad de los cúmulos galácticos. Algunos meteoritos, analizados con los mismos procedimientos que se aplican a las rocas terrestres, resultaron tener edades del orden de 7×10^9 años. Otros objetos cósmicos son, a la luz de todas las evidencias disponibles, mucho más jóvenes.

Más generalmente, otros autores han tratado de abordar el problema de la edad del universo en conjunto. Es de todos conocido el cálculo de Hubble, quien determinó el tiempo que puede haber durado la actual expansión del universo, valiéndose del desplazamiento hacia el rojo, de las líneas espectrales de las nebulosas extra-

galácticas. El valor así obtenido fué de $1,86 \times 10^9$ años, peligrosamente bajo en relación con la edad de nuestro planeta. Por último, anotemos la interesante especulación de Wefelmeier, comunicada en forma póstuma por von Weizsacker ([33]). Este investigador se propuso hallar el tiempo necesario para producir la actual proporción de cantidades entre el uranio U^{238} y el actinouranio U^{235}, que como se sabe, es de 139 : 1. También se sabe, por las constantes de desintegración de ambos elementos, que esta proporción debe haber aumentado continuamente. Basándose en argumentos tomados de física nuclear, Wefelmeier estipula que la proporción inicial ha de haber sido 3 : 1, o con una hipótesis menos plausible, 30 : 1. De ello resulta que « la edad de estos núcleos » es de 4,6 a $7,4 \times 10^9$ años (o, con la hipótesis menos probable, 1,9 a 10×10^9 años).

En resumen, podemos aseverar con un grado razonable de certeza que:

1º) varios indicios y consideraciones independientes hablan en favor de una edad de la tierra superior a 2000 millones de años, y probablemente superior a 3000 millones de años;

2º) la edad del universo, estimada por otros métodos, no contradice, en general, los resultados relativos a la tierra, pero sorprende la poca diferencia en el orden de magnitud de ambos valores. Esta similitud nos obliga a imaginar a nuestro planeta existiendo durante una buena parte de la historia del universo.

BIBLIOGRAFIA

(1) C. Morelli. — *Osservatorio Geofisico Trieste*, Nuova Serie, Pubbl. nº 11, 1950.
(2) Richard Dehm. — *Naturwissenschaften*, 36 (1949), pág. 166-170.
(3) Harold Jeffreys. — *The Earth*, Cambridge University Press, 1929.
(4) *Bulletin of the National Research Council*, nº 80, (« Physics of the Earth », vol. VI): « The Age of the Earth », bajo la dirección de A. Knopf; Washington 1931.
(5) N. B. Keevil. — *Am. Journal Sc.*, (2) 36 (1938), pág. 304-309.
(6) E. J. Conway. — *Proc. R. Irish Acad.*, 48, *B*8 (1942), pág. 119-159; 48, B9 (1943) pág. 161-212.
(7) A. Holmes. — *Endeavour*, 6 (1947), nº 23, pág. 99; reproducido, con algunas ampliaciones, en: *Ann. Report Smiths. Inst.* for 1947/8, Publ. nº 3954, pág. 227-239.
(8) C. M. K[otin]. — *Ciencia e Investigación*, 3 (1947), pág. 509-510.
(9) H. G. Thode. — *Research*, 2 (1949), pág. 154-161.
(10) L. H. Ahrens. — *Nature*, 160 (1947), pág. 874-875.

(11) L. H. AHRENS y R. D. EVANS. — *Phys. Rev.*, 74 (1948), pág. 279-286.
(12) F. W. SPIERS. — *Nature*, 165 (1950), pág. 356.
(13) J. H. J. POOLE. — *Nature*, 162, (1948), pág. 775.
(14) J. VERHOUGEN. — *Nature*, 164 (1949), pág. 72.
(15) R. L. FARRAR y G. H. CADY. — *Journ. Am. Chem. Soc.*, 71 (1949), pág. 742-743.
(16) C. FESTA y M. SANTANGELO. — *Annali di Geofisica*, 3 (1950), pág. 251-261.
(17) P. M. HURLEY y C. GOODMAN. — *Bull. Geol. Soc. Am.*, 52 (1941), pág. 545-560.
(18) N. B. KEEVIL. — *Trans. Am. Geophys. Union*, 22 (1941), pág. 501-503.
(19) N. B. KEEVIL. — *Nature*, 148 (1941), pág. 445-446.
(20) W. D. URRY. — *Chem. Rev.*, 13 (1933), pág. 305-343.
(21) N. B. KEEVIL. — *Am. Journal Sc.*, 36 (1938), pág. 406-416.
(22) Informes generales que periódicamente se publican en el *Canadian Geophysical Bulletin*.
(23) J. JOLY. — *Proc. R. Soc.* (Londres), *A* 102 (1923), pág. 682.
(24) G. H. HENDERSEN. — *Proc. R. Soc.* (Londres) *A* 145 (1934), pág. 591-598.
(25) G. H. HENDERSEN. — *Nature*, 140 (1937), pág. 191.
(26) G. H. HENDERSEN y S. BATESON. — *Proc. R. Soc.* (Londres), *A* 145 (1934), pág. 563; ibid., pág. 582; ibid., *A* 158 (1937), pág. 199-211; ibid., *A* 173 (1939), pág. 238-249.
(27) P. M. HURLEY. — *Science*, 110 (1949), pág. 49-50.
(28) A. O. NIER, R. W. THOMPSON y B. F. MURPHY. — *Journ. Am. Chem. Soc.*, 60 (1938), pág 1571.
(29) A. O. NIER. — *Phys. Rev.*, 53 (1938), pág. 922.
(30) HAROLD JEFFREYS. — *Nature*, 162 (1948), pág. 822-823.
(31) F. C. HOUTERMANS. — *Zeitsch. f. Naturforschung*, *2a* (1947) pág. 322.
(32) C. F. v. WEIZSÄCKER. — *Zeitsch. f. Naturforschung*, *3a* (1948), pág. 524-539.
(33) C. F. v. WEIZSÄCKER. — *Zeitsch. f. Naturforschung*, *3a* (1948), pág. 370.
Algunas obras y trabajos no citados en el texto:
(34) ARTHUR HOLMES. — « The Age of the Earth », Londres 1937 (Thomas Nelson & Sons Ltd.).
(35) E. C. BULLARD y J. P. STANLEY. — « The Age of the Earth »; *Veröff, Finn. Geod. Inst.*, nº 36, pág. 33-40, Helsinki 1949.
(36) C. MORELLI. — L'età della Terra », *Annali di Geofisica*, 2 (1949), pág. 417-435.
(37) JUAN M. LÓPEZ DE AZCONA. — *Revista R. Acad. Ciencias*, Madrid, 42, pág. 393-420.

REVISTA DE REVISTAS

La seguridad en la carretera y el ingeniero de caminos. — Así se titula un trabajo aparecido en las páginas 10 a 12 del número de enero de 1951 de la revista « Roads and Road Construction ». Es un resumen de una comunicación leída por su autor, ingeniero Edward Ogden, en el « Congreso de Obras Públicas y Servicios Municipales » celebrado en Olympia, Londres, en noviembre de 1950; dicha comunicación obtuvo el segundo premio en el concurso abierto organizado por el mencionado congreso.

El problema de la seguridad en las carreteras, que tantas preocupaciones origina hoy en día en gran parte de los países, es analizado minuciosamente en el artículo en cuestión y valiosas recomendaciones técnicas se hacen a los ingenieros proyectistas y constructores de caminos. Con especial atención se estudian los cruzamientos de carreteras, la separación de las diferentes clases de usuarios del camino y las disposiciones para lograr seguridad en las curvas.

El auge de la televisión en EE. UU. de Norte América. — En la página 375 del Nº 197 de la revista « Ibérica » del 15/11/50, se hace referencia a la difusión que está alcanzando en N. A. el uso de receptores de televisión, y se consigna que mientras en 1945 había en dicho país sólo 10.000 receptores en servicio, en 1947 se fabricaron 185.000, en 1948 se alcanzó la cifra de 950.000 y en 1949 la producción fué de 2.000.000 de aparatos.

Las materias curtientes vegetales. — El secretario general de la « Societé des Tanninus Coloniaux », L. Suchet d'Albufera, ha escrito sobre este tema en el Nº 15, tercer trimestre de 1950, de la revista « Bois et Forets des Tropiques ». Con bien ordenados datos estadísticos se estudia en dicho artículo la producción y consumo mundiales, y en particular de Francia, de las materias curtientes vegetales en los últimos años (hasta 1949). Se prevé que dentro de 20 ó 30 años, al máximo, desaparecerá del mercado el extracto de quebracho por terminación de los árboles de que se extrae en Argentina, Brasil y Paraguay, y se estima también que el extracto de castaño y la corteza de encina dejarán de usarse en las curtiembres en razón, principalmente, de sus precios cada vez más prohibitivos.

Cree el articulista que la acacia para tanino (wattle) llenará el vacío que dejarán el quebracho, el castaño y la encina, y con ciertas ventajas de seguridad para el futuro, ya que la acacia proporciona un tanino de reproducción en oposición a los taninos de destrucción (quebracho, castaño) cuya explotación implica la desaparición del árbol sin posibilidad de regeneración rápida.

El tanino de acacia abastece ya una parte importante del consumo mundial de curtientes vegetales — 18 % de la exportación mundial en 1937; 62.000 Tn de corteza y 96.000 Tn de extracto exportadas por Africa del Sud en 1949 — y la superficie de los cultivos se extiende rápidamente. En 1937 había ya en la Unión Sudafricana 216.880 Ha plantadas con acacia y esos cultivos se han ampliado y continúan en aumento, mencionándose importantes plantaciones nuevas en Kenia, Rhodesia y Tanganyka, mientras por ventajas comprobadas se van sustituyendo viejas plantaciones de acacias decurrens, pycnantha y dealbata por la especie mollissima. En Brasil, en 1948, había 5000 Hs de plantaciones de acacia para tanino en el estado de Río Grande del Sud y se estima en 7000 Tn de extracto la producción del año 1950; en Marruecos hay 4000 Ha de acacia mollissima y en Madagascar 2000 Ha de acacias, decurrens y dealbata principalmente.

Agregaremos, por nuestra parte, que en la Argentina hemos visto pequeños cultivos experimentales de varias especies de acacia para tanino y de cebil, realizados por La Forestal Argentina, S. A., en las proximidades de su fábrica de extracto de quebracho Tartagal, ubicada en el norte de la provincia de Santa Fe.

BIBLIOGRAFIA

Hoffstetter, R. 1949. — « Sobre los Megatheridae del Pleistoceno del Ecuador. Schaubia gen. nov. *Boletín de Inform. Cient. Nacion.*, III, Nº 25: 1-47, figs. 1-10. Quito.

El Dr. Robert Hoffstetter, a quien hemos tenido el placer de recibir en el Museo Argentino de Ciencias Naturales, donde consultó diversos materiales fósiles, a raíz de su reciente visita a la Argentina, prosigue en este trabajo la serie de interesantes estudios que viene realizando sobre los mamíferos extinguidos ecuatorianos, en su carácter de miembro de la Misión Científica Francesa en el Ecuador.

La nota que comentamos está consagrada a la descripción de diversos restos adicionales de la especie de megatérido «*Paramegatherium*» *rusconii* Sch. que adopta como tipo de un nuevo género *Schaubia* al que añade una segunda especie *S. elenensis*.

El material adicional que refiere a la primera especie y que completa suficientemente su conocimiento comprende un cráneo casi completo, depositado en las colecciones del Beabody Museum, Yale University, U. S. A., y diversos dientes, fragmentos de mandíbulas y huesos varios del esqueleto de las colecciones paleontológicas de la Escuela Politécnica Nacional de Quito. Todos estos materiales proceden de los yacimientos de La Carolina y de Engabao, Península de Santa Elena, Ecuador. En cambio, el material holotípico de *S. rusconii* descripto por Schaub en 1935 fué exhumado de la localidad de Totumo, Venezuela.

Los fósiles del yacimiento de La Carolina se encontraban incluídos en un terreno asfáltico (« tierra brea », según el autor) depositado en un cauce excavado en la Terraza marina (Tablado, según la numenclatura usada en el trabajo) III, es decir, la más reciente. Junto con los restos de *Schaubia* aparecieron otros de *Hydrochoerus, Protocyon, Dusicyon, Felis, Smilodon, Scelidotherium, Glossotherium, Chlamytherium, Stegomastodon, Equus, Palaeolama* y *Odocoileus*. Esta asociación faunística y la posición relativa del estrato hacen presumir dice Hoffstetter, que se trata de un nivel del Pleistoceno más superior, lo que estaría además corroborado por la ausencia de géneros como *Maucrachenia, Toxodon, Hippidion, Onohippidium* y *Glytodon*. Por nuestra parte acotamos que sería muy interesante determinar hasta dónde los factores ambientales locales (aparte de una posible diferencia de edad) pueden haber influído en la ausencia de estos géneros. En definitiva, para Hoffstetter, esta fauna podría ser más moderna que las que aquí denominamos « Bonaerense » y « Lujanense », equivalente, quizá, a las de nuestro Postpam-

peano inferior (« Platense ») y con ello tendríamos que admitir una mayor longevidad en el Ecuador para ciertos géneros típicos del Cuartario sudamerir."icano en relación a lo que ocurre en la Argentina, lo que podría explicarse, en parte, atendiendo a la posible diferencia en la intensidad y carácter de los factores que aquí y allá provocaron su extinción.

En cuanto a los fósiles del yacimiento de Engabao, su posición estratigráfica es dudosa y el autor, que no llegó a conocer personalmente la localidad, prefiere muy acertadamente reservar su opinión respecto de la antigüedad relativa de estos materiales, actitud tanto más prudente cuanto que no se obtuvieron allí elementos faunísticos asociados a los restos de *Schaubia*.

Tanto la morfología del cráneo como de los huesos del esqueleto de *Schaubia rusconii* revelan según Hoffstetter, que la especie no puede ser referida a *Paramegatherium* Kragl. (conocido con dos especies argentinas, *P. nazarrei* Kragl. del Plioceno superior o Pleistoceno inferior del Neuquén y *P. incognitum* Rusc. del Plioceno ? de Mendoza), como pensó originariamente Schaub, sino a un nuevo género algo menos evolucionado que los típicos *Megatherium* pleistocenos, más afín, en consecuencia, a ciertos géneros precuartarios.

La segunda especie, *S. elenensis*, citada en publicaciones anteriores por Hoffstetter como *Megatherium aff. rusconii* o *Megatherium* sp. A, se distingue esencialmente del genotipo por su tamaño mucho menor, si bien la referencia de la misma al género *Schaubia* es, como manifiesta el autor, « probable pero no probada definitivamente ». *S. elenensis*, de cualquier modo, es de menor talla aún que *Megatherium lundi*, la especie más pequeña de ese género en el Pleistoceno argentino-uruguayo.

En el capítulo final, el autor se ocupa de otros restos de megatéridos del Ecuador difíciles de clasificar por el momento con precisión.

Resulta interesante destacar, por fin, que Hoffstetter substituye el nombre específico *australe* propuesto en 1931 por Lorenzo J. Parodi para una forma de *Megatherium* del Pleistoceno de Patagonia, por *parodii* nom. nov., en razón de estar aquél primero preocupado por *australe* Oken, considerado a su vez sinónimo de *M. americanum* por Leidy, H. Gervais y F. Ameghino. El trabajo que comentamos se encuentra adecuadamente ilustrado por fotografías y dibujos de los materiales descriptos.

JORGE LUCAS KRAGLIEVICH

HOFFSTETTER, R. 1950. — « Algunas observaciones sobre los caballos fósiles de la América del Sur ». Amerhippus, gen. nov. *Boletín Inform. Cient. Nacion.*, III, Nos. 26-27: 426-454, figs. 1-4, Quito.

El autor, en una nueva y valiosa contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles ecuatorianos en particular y sudamericanos en general, propone la creación de un nuevo género de equinos extinguidos, *Amerhippus*, para diferenciar de los típicos *Equus* a la especie « *E.* » *andium* Wagn., que adopta como tipo, y a otras especies fósiles encontradas en diversas comarcas de la América meridional y del sur de la América del Norte. El distinguido especialista francés, llega a la conclusión que todas las especies de caballos fósiles

sudamericanas, excluídos los hippidiformes (*Hippidion, Onohippidium, Parahipparion*), pertenecen al nuevo género *Amerhippus*. En tal caso se encontrarían « *Equus* » *insulatus* C. Amegh., del Pleistoceno de Tarija, Bolivia; « *E.* » *curvidens* Owen, del Pleistoceno de la Argentina; « *E* » *neogaeus* Lund 1840 (*nec* Lund 1846), del Pleistoceno de Brasil; « *Neohippus* » *martinei* Spillmann, del Pleistoceno ecuatoriano; « *N.* » *santae-elenae* Spill., igual que el anterior; « *E.* » *andium* Wagn., igual que las anteriores, genotipo; finalmente, « *E.* » *occidentalis* Leidy, del Pleistoceno de California. Esto, sin contar las numerosas especies fósiles atribuídas por diversos autores a *Equus*, procedentes del Pleistoceno sudamericano, y que son, si no seguramente, por lo menos con cierta probabilidades, sinónimas de las enumeradas.

Amerhippus se fundamenta principalmente, según Hoffstetter, en una importante característica estructural de sus incisivos inferiores, que pasó evidentemente desapercibida para los numerosos autores que estudiaron los caballos fósiles sudamericanos. En efecto, mientras los incisivos inferiores (y también los superiores) de Equus, ofrecen en la cara masticatoria unos cartuchos o cavidades tapizadas de esmalte (las marcas, o « cornets externes » de los autores de habla francesa), los incisivos inferiores de las especies de *Amerhippus* carecen completamente de ese carácter, tanto en los órganos definitivos como en los de la dentadura de leche. De tal manera, esta particularidad indicaría una evolución regresiva, puesto que casi todos los géneros miopliocenos (*Merychippus, Protohippus, Hipparion*), presentan, como en los actuales *Equus*, los mencionados cartuchos de esmalte, que van desapareciendo con el desgaste masticatorio en el decurso de la vida individual.

El nuevo planteo sustentado por Hoffstetter en la interpretación de la sistemática, relaciones y filogenia de los caballos fósiles sudamericanos, basado en su interesante observación acerca de la morfología de los incisivos inferiores, adquiere aún mayor trascendencia por cuanto se relaciona con el debatido problema del origen del caballo llamado « criollo », que Marelli separó en una especie *Equus bagualis*. Si, como creyeron Cardoso y otros, este caballo es un elemento autóctono en nuestra fauna, descendido de los caballos fósiles pleistocenos, que ahora resultan ser *Amerhippus* y no *Equus*, tendrá que carecer, en sus incisivos inferiores, de los cartuchos o marcas de esmalte, en cualquier momento de su desarrollo ontogénico. En tal supuesto, que espera una confirmación eventual, no sólo la especie *bagualis* estaría bien fundamentada (aunque podría ser sinónima de alguna descripta con anterioridad como fósil), sino, lo que es más importante, entraría en el género *Amerhippus*. Si, por el contrario, como han pensado Trouessart, Cabrera, etc., no han existido, en Sud América, durante los tiempos modernos, postcolombianos, más caballos que los traídos por Don Pedro de Mendoza, y los que de ellos descendieron, los llamados « caballos criollos » han de presentar, en sus incisivos inferiores y superiores, los cartuchos y marcas de esmalte, por lo menos en ciertas fases de su desarrollo ontogénico. En este último caso, la validez de la especie *bagualis* sería altamente cuestionable.

Hoffstetter incluye en *Amerhippus*, según ya dijimos, la especie fósil californiana « *Equus* » *occidentalis* Leidy, tan bien reestudiada por Merriam, su-

poniendo, con sobrado fundamento, que el género se ha de haber originado en esa comarca expandiéndose luego por la región neotropical. El trabajo termina con un apéndice en el que se puntualizan los argumentos, perfectamente atendibles, por los cuales no es posible aceptar para el nuevo género, el nombre *Neohippus* propuesto por Abel en 1913, 1914 y 1919, para las especies de ambas Américas, publicado sin diagnosis ni definición alguna y basado en conceptos filogénicos seguramente erróneos. Tal opinión es compartida por el eminente especialista estadounidense Dr. G. G. Simpson, según comunicación que se transcribe en el texto.

JORGE LUCAS KRAGLIEVICH

NOTICIARIO

Dr. Leopoldo Melo - † el 6/2/51. — El doctor Leopoldo Melo, socio de la S. C. A. desde el 15/12/43, falleció en Pinamar en la fecha indicada. Hondo pesar ha producido la desaparición de este hombre eminente, dotado de excepcionals facultades intelectuales, que descolló nítidamente como jurista, profesor universitario, legislador y funcionario. En ciertos aspectos de sus actividades el renombre del doctor Melo rebalsó los límites de nuestro país para extenderse a naciones extranjeras.

Primer Congreso Sudamericano del Petróleo. — Se encuentran adelantados los trabajos de organización del Primer Congreso Sudamericano del Petróleo, que se celebrará en Montevideo entre el 12 y el 16 de marzo del corriente año.

La Sección Argentina ha recibido interesantes trabajos sobre los diversos tópicos que tratará el Congreso, preparados por investigadores de varias Universidades, de Institutos de Investigaciones, de Reparticiones Oficiales y de empresas petroleras particulares. Se anuncia, también, la presentación de un trabajo importante del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.